

DISEÑO DE UN BASTIDOR DE CABINA PARA EQUIPOS DE TRACCIÓN CON  
SUSPENSIÓN 1:1 PARA LA EMPRESA COSERVICIOS S.A.

LUIS ALEJANDRO MUÑOZ VASQUEZ

UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO  
MEDELLÍN  
2007

DISEÑO DE UN BASTIDOR<sup>1</sup> DE CABINA PARA EQUIPOS DE TRACCIÓN CON  
SUSPENSIÓN 1:1 PARA LA EMPRESA COSERVICIOS S.A.

LUIS ALEJANDRO MUÑOZ VASQUEZ

Trabajo de grado para optar por el  
título de Ingeniero de Diseño de Producto

Asesor:

Luis Gabriel Mantilla  
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO  
MEDELLÍN  
2007

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

A mis papas, ejemplo de  
verraquera, de lucha y  
paciencia.

A mi hermana, persona  
que adoro y confidente

A mi novia, quien me ha  
demostrado que con  
lucha y perseverancia se  
pueden lograr las metas  
que se quieran y me a  
dado lo mas hermoso  
que se pueda dar.

A mi hijo, personita que  
le ha dado un nuevo  
significado a mi  
existencia y me ha  
llenado de más ganas de  
vivir.



## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a COSERVICIOS S.A. por darme la oportunidad de mostrar mis potenciales como profesional y acogerme como parte de su capital humano; a Gabriel por confiar en mis capacidades y brindarme su acompañamiento para el desarrollo de este proyecto; a Andrés por ser el modelo de persona y de profesional que quisiera llegar a ser.

Agradezco profundamente a todo el departamento de ingeniería por ser más que compañeros de trabajo, por ser amigos en las buenas y en las malas y especialmente a Elkin por tener la paciencia, aconsejarme para ser mejor en mi trabajo y confiar en mí a pesar de las circunstancias, MUCHAS PERO MUCHAS GRACIAS!.

¡PAPAS, PRINCESA Y MI PRINCIPE, FINALMENTE LO LOGRE!

# CONTENIDO

.....	Pág.
<b><u>0. INTRODUCCION</u></b>	<b><u>6</u></b>
<b><u>1. JUSTIFICACION</u></b>	<b><u>8</u></b>
1.1 OBJETIVO GENERAL	9
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
1.3 ALCANCE	10
1.4 ANTECEDENTES DE COSERVICIOS	11
1.5 ANTECEDENTES DEL MERCADO.	12
1.6 REQUERIMIENTOS DE LOS CLIENTES	13
1.6.1 INGENIERÍA	14
1.6.2 COMPRAS	14
1.6.3 PRODUCCIÓN	15
1.6.4 ALMACÉN	16
1.6.5 INSTALACIONES	17
1.6.6 CLIENTE FINAL	18
1.7 PARTES DEL ASCENSOR	19
1.7.1 PARTES GENERALES	26
1.7.2 BASTIDOR	30
<b><u>2. MARCO TEÓRICO.</u></b>	<b><u>44</u></b>
2.1 CÁLCULO DE PERFILES ESTRUCTURALES	44
2.2 CÁLCULO DE UNIONES PERNADAS	44
2.3 CRITERIOS PARA LA APLICACIÓN DE ELEMENTOS FINITOS	45
<b><u>3. ESTADO DEL ARTE.</u></b>	<b><u>47</u></b>

<b>3.1</b>	<b>PROCESO DE DISEÑO</b>	<b>47</b>
<b>3.2</b>	<b>PRODUCTO</b>	<b>49</b>
3.2.1	BASTIDORES EN COSERVICIOS	49
3.2.2	BASTIDOR DE CAMARÍN (BC)	49
3.2.3	BASTIDOR PROGRESIVO (BP)	50
3.2.4	BASTIDOR TIPO MEI (BM)	52
<b>3.3</b>	<b>BASTIDORES DE OTRA MARCAS</b>	<b>55</b>
3.3.1	BASTIDOR MK	55
3.3.2	BASTIDOR W	56
3.3.3	BASTIDOR GM	57
3.3.4	BASTIDOR X	58
3.3.5	BASTIDOR Y	59
3.3.6	BASTIDOR TCS	60
<b>3.4</b>	<b>TABLA COMPARATIVA</b>	<b>61</b>
<b>4.</b>	<b><u>DISEÑO NUEVO BASTIDOR.</u></b>	<b><u>66</u></b>
<b>4.1</b>	<b>EXPLORACIÓN</b>	<b>66</b>
4.1.1	CLARIFICACIÓN DE OBJETIVOS	66
4.1.2	NECESIDADES DE LOS USUARIOS	67
4.1.3	PDS	67
<b>4.2</b>	<b>GENERACIÓN</b>	<b>70</b>
4.2.1	DISEÑO CONCEPTUAL	71
4.2.2	GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS	76
<b>4.3</b>	<b>EVALUACIÓN</b>	<b>95</b>
4.3.1	EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	95
4.3.2	DISEÑO DE DETALLE	103
4.3.3	RESULTADO	113
<b>4.4</b>	<b>COMUNICACIÓN</b>	<b>127</b>
4.4.1	RESUMEN DEL PROCESO	127
4.4.2	MODELACIÓN Y PLANOS	128
<b>5.</b>	<b><u>CONCLUSIONES</u></b>	<b><u>129</u></b>

<b>5.1</b>	<b>CONCLUSIONES METODOLÓGICAS</b>	<b>129</b>
<b>5.2</b>	<b>CONCLUSIONES DE PRODUCTO</b>	<b>130</b>
<b>5.3</b>	<b>CONCLUSIONES DE APRENDIZAJE</b>	<b>131</b>
<b><u>6.</u></b>	<b><u>RECOMENDACIONES</u></b>	<b><u>132</u></b>
<b><u>7.</u></b>	<b><u>BIBLIOGRAFÍA</u></b>	<b><u>133</u></b>

## LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
<b>Ilustración 1: Vista típica en planta de un ascensor 1:1</b>	<b>19</b>
<b>Ilustración 2: Vista típica en elevación de un ascensor 1:1</b>	<b>20</b>
<b>Ilustración 3: Partes de un ascensor eléctrico suspensión 1:1</b>	<b>22</b>
<b>Ilustración 4: Una de las primeras patentes de un ascensor diseñado por Otis en 1861.</b>	<b>24</b>
<b>Ilustración 5: Diferentes configuraciones para máquinas de tracción</b>	<b>24</b>
<b>Ilustración 6: Tipos de suspensión en los ascensores de tracción. Izquierda: suspensión 1:1, Derecha: suspensión 2:1.</b>	<b>25</b>
<b>Ilustración 7: Limitador de velocidad (mecanismo centrífugo de frenado)</b>	<b>29</b>
<b>Ilustración 8: Limitador de velocidad</b>	<b>29</b>
<b>Ilustración 9: Esquema básico de un bastidor</b>	<b>30</b>
<b>Ilustración 10: Terminales de cable.</b>	<b>31</b>
<b>Ilustración 11: Paracaídas</b>	<b>31</b>
<b>Ilustración 12: A Deslizadera lubricada.</b>	<b>34</b>
<b>Ilustración 13: Tipos de insonorización</b>	<b>35</b>
<b>Ilustración 14: Paracaídas</b>	<b>37</b>
<b>Ilustración 15: Dispositivos de seguridad</b>	<b>37</b>
<b>Ilustración 16: Esquema equipos a con suspensión 1:1</b>	<b>39</b>
<b>Ilustración 17: Esquema equipos con suspensión 2:1</b>	<b>39</b>
<b>Ilustración 18: Bastidor Tipo mochila o MEI</b>	<b>41</b>
<b>Ilustración 19: Esquemas equipos hidráulicos directos</b>	<b>41</b>
<b>Ilustración 20: Esquema equipo hidráulico indirecto</b>	<b>42</b>
<b>Ilustración 21: Bastidor tipo MEI con carro polea</b>	<b>43</b>
<b>Ilustración 22: Ejemplo de malla bien definida</b>	<b>46</b>
<b>Ilustración 23: Bastidor de Camarín</b>	<b>49</b>
<b>Ilustración 24: Timonería y paracaídas bastidor camarín</b>	<b>50</b>
<b>Ilustración 25: Bastidor progresivo (BP)</b>	<b>51</b>
<b>Ilustración 26: Bastidor tipo MEI</b>	<b>52</b>
<b>Ilustración 27: Detalle insonorización parte alta bastidor Mei</b>	<b>53</b>
<b>Ilustración 28: Detalle Guía Bastidor Mei</b>	<b>54</b>
<b>Ilustración 29: Bastidor MK</b>	<b>55</b>
<b>Ilustración 30: Bastidor W</b>	<b>56</b>
<b>Ilustración 31: Bastidor GM</b>	<b>57</b>

<b>Ilustración 32: Bastidor X</b>	<b>58</b>
<b>Ilustración 33: Bastidor Y</b>	<b>59</b>
<b>Ilustración 34: Bastidor TCS</b>	<b>60</b>
<b>Ilustración 35: Flujos caja Negra</b>	<b>72</b>
<b>Ilustración 36: Caja negra</b>	<b>75</b>
<b>Ilustración 37: Caja Transparente</b>	<b>76</b>
<b>Ilustración 38: Funciones secundarias</b>	<b>77</b>
<b>Ilustración 39: Sistema Limitador de velocidad</b>	<b>78</b>
<b>Ilustración 40: Control de techo</b>	<b>79</b>
<b>Ilustración 41: Posicionar paracaídas</b>	<b>80</b>
<b>Ilustración 42: Tipos de combinaciones</b>	<b>87</b>
<b>Ilustración 43: Combinación 1</b>	<b>90</b>
<b>Ilustración 44: Combinación 2</b>	<b>91</b>
<b>Ilustración 45: Combinación 3</b>	<b>92</b>
<b>Ilustración 46: Combinación 4</b>	<b>93</b>
<b>Ilustración 47: Combinación 5</b>	<b>94</b>
<b>Ilustración 48: Resultados finales de la evaluación</b>	<b>102</b>
<b>Ilustración 49: Detalle ensamble entre puentes y tirantas</b>	<b>104</b>
<b>Ilustración 50: Modelación básica bastidor SOB</b>	<b>105</b>
<b>Ilustración 51: Análisis de terminal de cables propuesta (Derecha: Esfuerzo máximo; Izquierda: factor de seguridad).</b>	<b>106</b>
<b>Ilustración 52: Análisis de terminal de cables final (Derecha: Esfuerzo máximo; izquierda: factor de seguridad)</b>	<b>107</b>
<b>Ilustración 53: Análisis puente alto (Derecha: puente alto sin refuerzos; izquierda: puente alto con refuerzos)</b>	<b>107</b>
<b>Ilustración 54: Ensamble de timonería con puente bajo</b>	<b>108</b>
<b>Ilustración 55: Ensamble tirantas</b>	<b>109</b>
<b>Ilustración 56: Momento en soporte operador</b>	<b>110</b>
<b>Ilustración 57: Resultado final sistema SOB</b>	<b>111</b>
<b>Ilustración 58: Sistema integrado IPE (Insonorización, Posicionamiento, Equilibrado)</b>	<b>112</b>
<b>Ilustración 59: Sistemas adicionales bastidor</b>	<b>113</b>
<b>Ilustración 60: Bastidor SOB sin control</b>	<b>114</b>
<b>Ilustración 61: Bastidor SOB con sistemas de control</b>	<b>115</b>
<b>Ilustración 62: Ensamble puente alto tiranta 1</b>	<b>116</b>
<b>Ilustración 63: Ensamble puente alto tiranta (ensamble deslizadera, insonorización parte alta, sistema de control)</b>	<b>117</b>

<b>Ilustración 64: Ensamble tensora tiranta superior</b>	<b>118</b>
<b>Ilustración 65: Ensamble tiranta superior con tiranta inferior</b>	<b>119</b>
<b>Ilustración 66: Ensamble tensora insonorización parte baja</b>	<b>120</b>
<b>Ilustración 67: Tirantas</b>	<b>121</b>
<b>Ilustración 68: Ensamble soporte operador tiranta y tensora inferior soporte operador</b>	<b>122</b>
<b>Ilustración 69: Ensamble tensor superior soporte operador</b>	<b>123</b>
<b>Ilustración 70: Ensamble operador de puertas</b>	<b>124</b>
<b>Ilustración 71: Ensamble puente bajo tensora inferior y deslizadera</b>	<b>125</b>
<b>Ilustración 72: Ensamble platina asiento buffer</b>	<b>126</b>
<b>Ilustración 73: Ensamble sistema de nivelación e insonorización parte baja</b>	<b>127</b>
<b>Ilustración 74: Diagrama de flujo de la metodología propuesta.</b>	<b>129</b>

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1: Tabla de velocidades de disparo en paracaídas .....</b>	<b>36</b>
<b>Tabla 2: Tabla comparativa .....</b>	<b>65</b>
<b>Tabla 3: PDS bastidor .....</b>	<b>70</b>
<b>Tabla 4: Posicionar terminales de cable. Alternativas de solución .....</b>	<b>81</b>
<b>Tabla 5: Rigidizar sistema. Alternativas de solución .....</b>	<b>83</b>
<b>Tabla 6: Posicionar operador de puertas. Alternativas de solución.....</b>	<b>84</b>
<b>Tabla 7: Posicionar e insonorizar cabina. Alternativas de solución.....</b>	<b>85</b>
<b>Tabla 8: Tensionar sistema. Alternativas de solución .....</b>	<b>87</b>
<b>Tabla 9: Matriz morfológica.....</b>	<b>89</b>
<b>Tabla 10: Matriz de evaluación A. Combinación 1 .....</b>	<b>97</b>
<b>Tabla 11: Matriz de evaluación B. Combinación 2.....</b>	<b>98</b>
<b>Tabla 12: Matriz de evaluación C. Combinación 3 .....</b>	<b>99</b>
<b>Tabla 13: Matriz de evaluación D. Combinación 4 .....</b>	<b>100</b>
<b>Tabla 14: Matriz de evaluación E. Combinación 5.....</b>	<b>102</b>



## GLOSARIO

CARRO: elemento compuesto por la cabina y bastidor que la sostiene.

DISTANCIA ENTRE GUÍAS:(DG) distancia existente entre las caras más cercanas de las guías.

GUÍA: elemento rígido, por lo general de acero, que obliga al carro o al contrapeso a seguir un trayecto establecido. Es común una forma de "T".

GUIADOR: elemento de conexión entre el carro y las guías. Puede ser por fricción (llamado deslizada) o por rodadura (llamado rodadera o *Roller Guide*)

PARACAÍDAS: elemento de seguridad que obliga al carro a detenerse al recibir una señal.

TIMONERÍA: componente encargado de transmitir el movimiento del limitador de velocidad al los paracaídas y activar el micro que envía la señal para detener la máquina; entra en acción cuando el carro sobrepasa la velocidad nominal.

CADENA DE COMPENSACION: cadena empleada para compensar el peso de los cables de tracción. Cuando el carro (o el contrapeso) se encuentran en una posición extrema la máquina debe mover el carro y una cantidad de cables de tracción que entran a ser considerable por su peso. Generalmente esta conectada al carro y al contrapeso por la parte inferior.

CUARTO DE MÁQUINAS: sala donde se ubican la(s) máquina(s) y/o su equipo asociado.

**CONTRAPESO:** masa que contribuye a asegurar la tracción, y permite el ahorro de energía por equilibrio de toda la masa del bastidor, cabina y un porcentaje de la carga.

**CABLES DE TRACCIÓN:** cables de acero cuya función es transmitir y conectar el movimiento entre el carro y el contrapeso.

**CABINA:** es el elemento portante propiamente dicho. Esta caja debe estar totalmente cerrada por paredes, piso y techo de superficie continua y llena, salvo la abertura. Es el elemento del ascensor destinado a transportar a las personas y/o la carga.

**BANCADA:** componente que soporta la máquina de tracción, aísla al edificio de vibraciones, transmite el peso del carro y el contrapeso al edificio y es responsable de garantizar la estabilidad del sistema. Se encarga de guiar los cables de tracción hacia el bastidor y el contrapeso.

**BASTIDOR:** es un elemento resistente que tiene la función de chasis, al cual se fijan los cables de suspensión y el mecanismo del paracaídas. El bastidor debe ser robusto, calculado con un coeficiente de seguridad mínimo de 5

**PRODUCTO TERMINADO:** denominación que se le da a los materiales que cumplieron el proceso completo de fabricación y ensamble (si aplica) y que pueden ser despachados por el Almacén.

**PRODUCTO EN PROCESO:** denominación que se le da a los materiales que están siendo transformados en Producción.

**FOSO:** espacio dentro de un edificio destinado para la instalación y operación del ascensor.

SUSPENSIÓN 1:1: en los ascensores de tracción, disposición en la cual los cables van unidos directamente del bastidor y del contrapeso

PLACA DE AMARRE: pieza metálica de alta resistencia donde se apoyan las terminales de cable.

OPERADOR DE PUERTAS: elemento encargado de abrir y cerrar las puertas de la cabina.

BUFFER: Amortiguador ubicado en el recorrido negativo del foso del ascensor.

## RESUMEN

El presente trabajo busca diseñar un bastidor para ascensores de tracción con suspensión 1:1 y soporte de operador, que abarque los equipos con capacidad de 300 hasta 1500 kg, para velocidades entre 0.5 y 2 m/s; aplicando métodos de diseño de productos, contribuyendo al aumento de la productividad y competitividad en la empresa COSERVICIOS S. A.

El bastidor es un elemento fundamental en el desempeño de un ascensor, el diseño actual demanda mejoras dadas las exigencias del mercado para aumentar la capacidad y velocidad, así mismo variaciones permanentes en el diseño estándar que afectan costos y tiempos de producción y entrega lo ameritan.

Para lograr este propósito se parte de: i) un análisis comparativo, entre los modelos de bastidores producidos por otros fabricantes de ascensores y ii) un PDS que muestra las especificaciones básicas que debe contener el bastidor incorporando las demandas de los clientes directos e indirectos del producto, así como las normas técnicas; se elaboraron bocetos y esquemas para un bastidor modular evaluando diferentes alternativas de solución, a través de distintos métodos de diseño de productos. Se realiza la modelación en 3D y los análisis de elementos finitos necesarios, mediante software CAD/CAE que permiten asegurar la viabilidad técnica y económica de la propuesta seleccionada, por último se documentó el proceso desarrollado.

Después de efectuar el desarrollo del “Bastidor SOB (Soporte Operador Bastidor)”, se propone una metodología para abordar próximos diseños dentro de la compañía.

El Bastidor SOB es un sistema versátil que puede albergar equipos desde 4 hasta 20 pasajeros, capaz de viajar a velocidades mayores a 1.5m/s sin alterar el confort , al disminuir las vibraciones generadas en estas velocidades, facilita el diseño, y reduce el tiempo de entrega del producto.

Es muy importante documentar el proceso, es la base para nuevas ideas y fuente valiosa del "*know how*" de la compañía,

Son de gran utilidad en este tipo de desarrollos la utilización de modeladores para análisis FEA con capacidad de simular las condiciones reales de los elementos y piezas de estudio.

## 0. INTRODUCCION

Dar una definición al término Diseño es una labor compleja; recientemente ha sido adoptado por un grupo de profesionales para acotar su campo de trabajo profesional (Diseño de la Comunicación Gráfica, Diseño Gráfico, Diseño Industrial, Diseño de Interiores, Diseño de Modas, etc.), sin embargo el término (diseño) es utilizado en gran cantidad de campos profesionales.<sup>1</sup> Uno de esos campos es en el que se desempeña el Ingeniero de Diseño de Producto (IDP) profesional capaz de dar un valor agregado a la cadena productiva de la empresa, su formación se ha dividido en 4 grandes grupos:

- **EI ÁREA DE DISEÑO**
- **EI ÁREA DE PRODUCCIÓN**
- **EI ÁREA DE VALORES Y CULTURA**
- **EI ÁREA DE MERCADEO**

Esta formación interdisciplinaria le da la capacidad de intercambiar conceptos e ideas con los diferentes entes de la cadena productiva, dándole un mejor resultado final al diseño y satisfaciendo las necesidades de los clientes.<sup>2</sup>

En este trabajo de grado se busca recopilar el proceso de diseño de un bastidor de cabina para ascensores con suspensión 1:1, para la empresa COSERVICIOS

---

<sup>1</sup> Tomado de [http://www.google.com.co/search?hl=es&lr=&client=firefox-a&channel=s&rls=org.mozilla:es-AR:official&hs=C2r&defl=es&q=define:Dise%C3%B1o&sa=X&oi=glossary\\_definition&ct=title](http://www.google.com.co/search?hl=es&lr=&client=firefox-a&channel=s&rls=org.mozilla:es-AR:official&hs=C2r&defl=es&q=define:Dise%C3%B1o&sa=X&oi=glossary_definition&ct=title) (consulta: 20 de diciembre de 2006)

<sup>2</sup> UNIVERSIDAD EAFIT. Programas académicos, Ingeniería de diseño de producto : Historia <http://www.eafit.edu.co/EafitCn/Ingenieria/Pregrados/IngenieriaDiseno/Index.htm> (consulta: 20 de diciembre de 2006)(adaptación)

S.A., desde la formulación del problema hasta las decisiones de sus procesos de manufactura, procurando que sean los más adecuados para la compañía. Es importante destacar que para este proceso se seguirá una adaptación de la metodología propuesta por Nigel Cross en el libro “Métodos de diseño: estrategias para el diseño de productos”

Es importante documentar el proceso de diseño que se lleve a cabo para obtener la solución más adecuada, ésta puede convertirse en una herramienta muy útil para el departamento de ingeniería de la compañía, al ser una guía para los encargados de desarrollar nuevas soluciones, que mejoren el desempeño del equipo y desarrollar nuevos productos.

Debe quedar claro que el producto de este trabajo puede ser revisado las veces que sea necesario y que la compañía crea pertinente, ya sea alterando la forma física del mismo o el proceso productivo (haré un mayor énfasis en la parte del diseño del producto), hasta obtener la solución final deseada.

El trabajo muestra el proceso de diseño de un bastidor para cabina en ascensores de tracción con tipo de suspensión 1:1 y con capacidades de carga desde los 300 Kg. hasta 1500Kg (el equivalente de 4 a 20 pasajeros). Este bastidor debe cumplir con la norma EN 81-1 (Reglas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores; Parte 1: Ascensores eléctricos). Este diseño busca la estandarización y la modularidad de los componentes que lo conforman, para disminuir los recursos necesarios en su manufactura e instalación, definiendo cual es el diseño que mejor se acomoda al entorno de la empresa, y así, hacer de ésta una empresa más competitiva, con productos que satisfagan a todos los procesos integradores de la compañía y cumplir con las necesidades actuales del mercado.

## 1. JUSTIFICACION

Coservicios S.A. es una empresa Colombiana en la cual se diseñan, fabrican, instalan y se mantienen ascensores (marca Andino). Las condiciones del mercado obligan a que se cambie de proveedores por precio, tiempo de entrega, calidad o especificaciones del producto. Estos cambios demandan que los diseños de los componentes sean “flexibles”<sup>3</sup> para adaptarse a las nuevas especificaciones de los productos comprados.

Actualmente en la compañía existe un bastidor para la línea estándar, diseñado para equipos que se desplazan a bajas velocidades ( $<1.0$  m/s). La tendencia del mercado ha mostrado durante los últimos 2 años mayor preferencia por los equipos con velocidades mayores a  $1.0$  m/s, hasta los  $2.0$  m/s. El diseño del bastidor que posee la compañía no satisface al 100% las condiciones de funcionamiento y confort exigidos por los estándares del medio debido a los cambios de requerimiento en la velocidad. De otro lado, también se está exigiendo transportar más pasajeros por viaje, lo que incrementa los tamaños de las cabinas a capacidades de 12 a 20 pasajeros (normalmente varían de 4 a 10 pasajeros).

La compañía ha realizado ensayos a velocidades entre los  $1.0$  y  $2.0$  m/s con el bastidor actual y variando la capacidad. Los resultados han sido poco satisfactorios en aspectos como: vibración, ruido, nivelación y confort para el pasajero. Estas condiciones demandan la generación de un diseño especial prácticamente para cada caso; la alta demanda de estos equipos especiales

---

<sup>3</sup> La definición corporativa de flexibilidad es: “Capacidad de adaptarse oportunamente a los requerimientos internos y/o del mercado, favoreciendo el flujo de trabajo de todos los procesos mediante el cumplimiento de compromisos mutuos que garantizan la satisfacción del cliente interno y externo; compromisos generados con base en la capacidad de respuesta y el uso de políticas empresariales que permitan priorizar y tomar decisiones correctas y oportunas.”



representan recursos significativamente más altos para atenderlos y adicionalmente hace que los procesos de diseño, manufactura, distribución e instalación disminuyan la productividad y confiabilidad, debido a la variación frecuente de especificaciones.

## **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un bastidor para equipos de tracción con suspensión 1:1 y soporte de operador, que abarque los equipos con capacidad de 300 hasta 1500 Kg, para velocidades entre 0.5 y 2 m/s; aplicando métodos para diseño de productos, contribuyendo al aumento de la productividad y competitividad.

## **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Efectuar un análisis comparativo, entre los modelos de bastidores, con sus características, empleados por otros fabricantes de ascensores, mediante un análisis de sus diferentes atributos cuyos resultados puedan tenerse en consideración en el nuevo diseño.
- Realizar un PDS que muestre las especificaciones básicas que debe contener el bastidor teniendo como base los requerimientos de los procesos de diseño, fabricación, instalación y mantenimiento de la compañía y las normas, mediante el análisis y clasificación de la información encontrada.
- Elaborar bocetos y esquemas para un bastidor modular que muestren las diferentes alternativas de solución, a través de distintos métodos de diseño de productos que incorporen las especificaciones propuestas en el PDS y

cumplan con la normativa. Evaluarlas teniendo en cuenta los criterios solicitados y analizados, para seleccionar la mejor propuesta.

- Realizar la modelación en 3D y los análisis de elementos finitos necesarios, mediante software CAD/CAE que permitan asegurar la viabilidad técnica y económica de la propuesta seleccionada.
- Documentar el proceso de diseño, mediante la creación de un documento (guía) que contenga toda la información generada y pueda tomarse como referencia para el desarrollo de otros componentes y como fuente de información para la estandarización del nuevo bastidor.

### **1.3 ALCANCE**

Como producto del proyecto se entregará a la Universidad un documento compuesto por las siguientes partes:

- El estudio de los diversos modelos de bastidores que existen en el mundo de los ascensores, las propuestas de un nuevo modelo de bastidor, la solución seleccionada como la más adecuada, así como el proceso de selección y diseño del bastidor (diseño conceptual, modelaciones 3D, análisis de elementos finitos, etc.) y otros componentes adicionales que puedan agregar valor al concepto del producto actual.
- Propuesta de una metodología que ayude en el proceso de diseño y direcciona adecuadamente éste proceso dentro de la compañía.

- Planos de ensamble de un modelo de bastidor con las principales dimensiones<sup>4</sup>.

#### **1.4 ANTECEDENTES DE COSERVICIOS**

“COSERVICIOS S.A. fue fundada en 1965 como una Empresa Metalmecánica dedicada a prestar servicios al sector industrial. En el año de 1975 se constituyó como una fábrica de Ascensores, con la marca ASCENSORES ANDINO, siendo el gestor de esa iniciativa el entonces Presidente del Grupo Inversiones Mundial Doctor Darío Moreno Restrepo. Desde 1980, la Compañía fue adquirida por un grupo de Inversionistas liderado por el Ingeniero Rodrigo Villa Galvis, quien desde esa fecha ocupa la Dirección de la Empresa. Poco a poco, inició un proceso de Integración, creando para ello un Departamento de Investigación y Desarrollo en las áreas de Ingeniería Electrónica y mecánica, incorporando tecnología de punta, para ir escalando posiciones en el mercado colombiano y llegar a constituirse desde 1989 como la primera empresa de su tipo en Colombia y permanecer en esa posición desde entonces.”<sup>5</sup>

Como empresa, COSERVICIOS S.A. presenta un crecimiento fundamentado en el aumento de las ventas de estos últimos años, debido al incremento de la construcción nacional y la incursión en mercados internacionales; sin embargo está viviendo lo que experimentan muchas empresas cuando crecen; un punto de coyuntura en donde se necesita hacer más con menos para poder ser más

---

<sup>4</sup> Dentro de los entregables del proyecto no pueden incluirse los planos de taller pues estos hacen parte del Know How de la compañía y no pueden ser divulgados públicamente. Estos se entregarán directamente a la misma.

<sup>5</sup> ASCENSORES ANDINO. Reseña histórica, <http://www.COSERVICIOS.S.A.com/> [consulta : 02 - Enero 2007]

competitivos; de hecho, “una empresa que crece se vuelve cada vez más compleja y crea sus propias demandas de una estructura organizativa más compleja.”<sup>6</sup> Este crecimiento crea la necesidad de incursionar en nuevas tecnologías, nuevos materiales y nuevas metodologías para poder competir en los mercados internacionales, donde tienen más participación las grandes compañías, las cuales han creado un común de ascensores, que a penas empieza a incursionar en el país.

Es por esto que los sistemas que componen el ascensor deben partir de diseños flexibles, innovadores, rentables, manufacturables con la infraestructura actual, de fácil instalación, manutención y adaptación. Para su desarrollo la compañía cuenta con sistemas CAD/CAE de última tecnología integrados a un sistema CAM, para desarrollar mejores diseños y es aquí donde el IDP, gracias a su formación puede potencializar estas herramientas, logrando una mejor alternativa de solución que beneficie la productividad, la calidad, la flexibilidad y la innovación<sup>7</sup> en el producto.

## **1.5 ANTECEDENTES DEL MERCADO.**

Actualmente en el mercado Colombiano del transporte vertical participan importantes multinacionales que han transformado las condiciones de competitividad, de tal manera que ha sido necesario considerar opciones como el

---

<sup>6</sup> USINFO - The United States Department of State – eJournal USA Perspectivas Económicas, Febrero 2005; <http://usinfo.state.gov/journals/ites/0205/ijes/ward.htm> [consulta: 05 - Febrero - 2006]

<sup>7</sup> La definición de innovación para COSERVICIOS S.A. es: proceso creativo de convertir ideas y conocimiento en productos, procesos ó servicios, nuevos o mejorados, vendibles ó usables, que el usuario ó el entorno reconozca y/o valoren por su funcionalidad, costo ó ambas.

cambio de proveedores para la obtención de mejores precios, tiempo de entrega, calidad y especificaciones del producto. Estos cambios obligan a que los diseños de los componentes sean flexibles para adaptarse a las nuevas especificaciones de las partes compradas y diseñadas. Fuera de lo anterior la tendencia del mercado ha mostrado durante los últimos 2 años mayor preferencia por los equipos con velocidades entre 1.0 y 2.0 m/s; lo que sumado a la incursión en mercados internacionales, especialmente México, aumentan estas demandas para poder competir con los estándares impuestos por las grandes marcas de ascensores, con mayor participación en el mercado.

## **1.6 REQUERIMIENTOS DE LOS CLIENTES**

A pesar de que el IDP diseña productos enfocados al cliente final, es decir el que hace uso de éste, también debe tener en cuenta las necesidades de los clientes internos, es decir aquellos que hacen parte de la cadena productiva; estas necesidades se traducen finalmente en requerimientos medibles, los cuales conforman la entrada para el diseño a desarrollar. Para este caso en particular, el cliente final no tiene conocimiento o interactúa directamente con las variables que pueda tener el bastidor, pero si necesita que dicho componente al interactuar con los otros elementos que conforman el ascensor tenga un desempeño que se traduzca en un viaje confortable y seguro para el pasajero.

Teniendo esto claro es muy importante no dejar de lado los requerimientos de ninguno de clientes, para lograr llegar a una propuesta que integre las soluciones requeridas.

### **1.6.1 Ingeniería**

El cambio constante de los diseños aumenta la demanda de horas/hombre. En caso de exceder la capacidad planeada de respuesta, la única forma de evitar retrasos es reasignando recursos de otras actividades. Además, los diseños deben entregarse en tiempos cortos, ocasionando una disminución del confort y el correcto desempeño del ascensor pues algunos componentes se prueban en la marcha e incluso en el momento de instalar el equipo. También es necesario crear planos de ensamble de cada diseño en particular y darle un acompañamiento a instalaciones para el montaje, afectando nuevamente los recursos del proceso.

Por esto se requiere:

- Disminución de diseños especiales.
- Adaptabilidad a las diferentes variables de diseño (aperturas, cabinas, velocidades), sin hacer variaciones en los diseños que impliquen el uso excedido de recursos.
- Poca variabilidad de materiales en los diseños especiales.
- Componentes adicionales capaces de adaptarse al mayor número de configuraciones sin intervenir el diseño de manera considerable (sistemas modulares).

### **1.6.2 Compras**

El incremento de la demanda de equipos especiales, crea cambios constantes no solo en el diseño sino también en la cadena productiva. En el caso de compras es importante saber, primordialmente cuales son los materiales a utilizar y en que cantidades, los proveedores para dichos materiales y los procesos adicionales que

se requieran. Los cambios constantes en los diseños y la poca disponibilidad de tiempo impiden generar requerimientos oportunos de material. (Normalmente se deben entregar los requerimientos de materiales para diseños especiales un mes antes de la entrega de planos a producción).

Por esto se requiere:

- Utilizar componentes comerciales nacionales y sólo en casos estrictamente necesarios utilizar fabricaciones especiales por terceros.
- Minimizar el número de componentes importados.
- Poca variabilidad de materiales en los diseños especiales.

### **1.6.3 Producción**

Cada diseño requiere un seguimiento detallado en planta, lo que no ocurre con la línea estándar. Esto hace ineficiente el proceso, debido al manejo de muchas referencias diferentes de materiales y producto terminado; adicionalmente cada diseño debe tener su código para hacerle el debido seguimiento, lo cual dificulta mas la tarea afectando el tiempo de entrega y propiciando la aparición de reprocesos que en ocasiones pueden ser costosos. También se hace necesario que cada diseño sea preensamblado en la planta antes de ser entregado al almacén, para verificar que ningún componente (nacional y/o importado) tenga inconvenientes; esto ocasiona pérdida de espacio útil de la planta.

Por esto se requiere:

- Componentes estándar.
- Manejo de pocas referencias diferentes de componentes según el cambio de equipo.

- Componentes modulares.
- Diseñar componentes que se puedan fabricar con las máquinas-herramientas actuales.
- Disminuir el número de referencia de partes a producir.
- Si se utilizan láminas metálicas en su fabricación, evitar muchos cambios en los calibres de las mismas.
- Las piezas y sub-ensambles deben ser de fácil manipulación.
- Si se fabrican piezas que requieran pintura electrostática, deben disponer de mínimo una perforación de  $\varnothing$  10 mm.

#### **1.6.4 Almacén**

La variedad en los diseños crea muchas referencias en los inventarios y cada vez que se requiera un componente nuevo hay que crear un código, aumentando las referencias y ocasionando problemas al recibir el producto terminado y despacharlo a su destino final.

Por esto se requiere:

- Manejar la menor cantidad posible de códigos de producto terminado.
- Los sub-ensambles deben ser de fácil manipulación.
- Posibilidad de reasignación de componentes según los modelos o, en lo posible, independientemente de ellos.
- Componentes fáciles de almacenar.



- La tornillería debe conformarse como *kit*, para simplificar el *picking*<sup>8</sup> y el control.
- Dimensiones generales y peso para el empaque.

### 1.6.5 Instalaciones

Para el personal de instalaciones el tiempo es un factor crucial, pues, aparte que son el proceso final antes de la entrega definitiva al cliente; ocasionalmente deben instalar el equipo en un lapso menor por factores externos e internos y en el caso de los bastidores especiales, este tiempo se incrementa mucho más si cada vez que deben instalarlo, deben primero capacitarse en su ensamble, instalación y calibración, pues cada diseño difiere del anterior (aunque en algunos casos podrían tener características similares); entrenar un instalador para esta labor requiere mucho tiempo y recursos.

Por esto se requiere:

- Componentes que pueden ser sub-ensamblados antes de la entrega a instalaciones.
- Los componentes no deben cambiar considerablemente su arquitectura al cambiar de especificaciones de equipo.
- Los componentes deben ensamblarse con herramientas básicas.
- Si los componentes llevan uniones pernadas, utilizar pocas referencias.
- Eliminar aristas vivas que puedan atentar contra el personal que necesite manipular este material.

---

<sup>8</sup> El picking es la actividad de separar el material dentro del almacén para luego ser despachado a una obra.

- Poder hacer reajustes en el cuerpo del bastidor o en el ensamble con cabina según sea necesario.

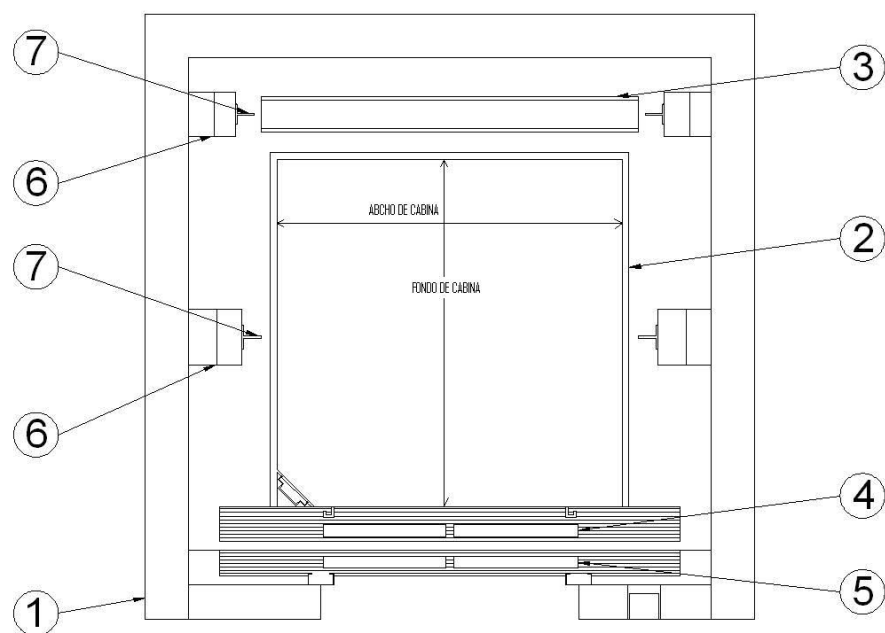
#### **1.6.6 Cliente final**

Este es el último eslabón de la cadena, y es el que en definitiva disfrutará de lo logrado por todos los procesos anteriores; aunque para el cliente es indiferente como puedan verse los componentes en el foso, el desempeño final es el que tendrá la última palabra. Es por eso que cada equipo debe tener las mismas cualidades de desempeño independientemente de las especificaciones de funcionamiento (capacidad, velocidad, entre otras).

Por esto se requiere:

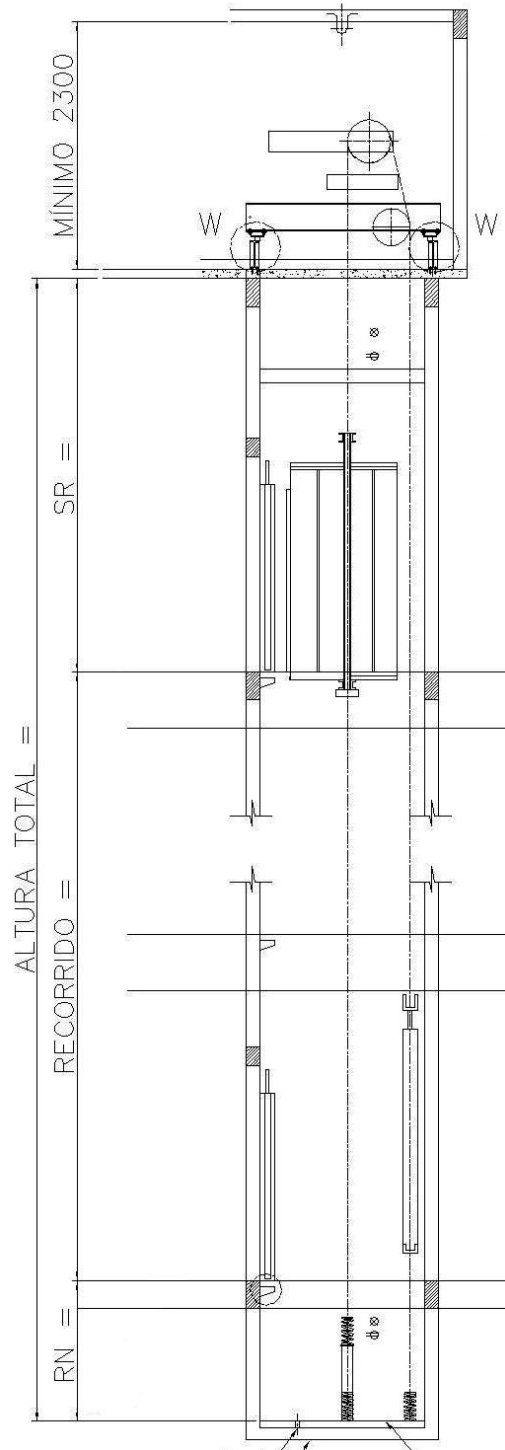
- Disminuir vibraciones.
- Dar un viaje confortable.
- Bajo nivel de ruido.

## 1.7 PARTES DEL ASCENSOR



**Ilustración 1: Vista típica en planta de un ascensor 1:1**

(1) Pozo, (2) Cabina, (3) Contrapeso, (4) Puertas de Cabina,  
(5) Puertas de Piso, (6) Anclajes, (7) Guías.



**Ilustración 2: Vista típica en elevación de un ascensor 1:1**

Un ascensor o elevador, es un aparato que sirve para trasladar personas o cosas (en cuyo caso se llama montacargas) de unos pisos a otros. Se pueden clasificar según la tracción en eléctricos, hidráulicos y neumáticos.<sup>9</sup>

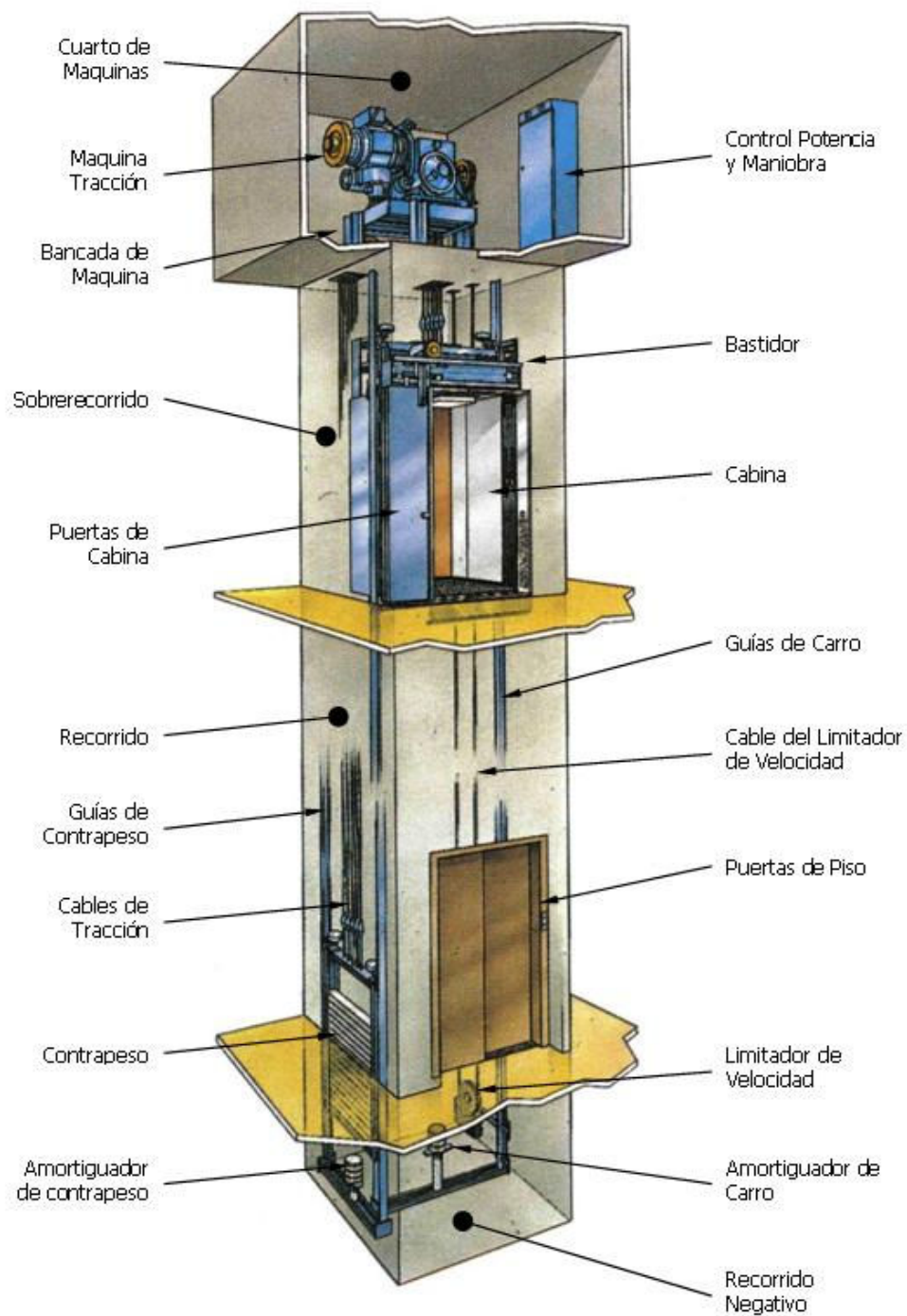
- Ascensor eléctrico: Consta de una cabina, que se desliza por unas guías muy parecidas a los rieles de trenes, colgada por unos cables de una polea superior y equilibrada con un contrapeso. Se mueve con un motor eléctrico que impulsa a la polea para mover la cabina.
- Ascensor hidráulico: En este caso la cabina se mueve mediante un pistón que se extiende mediante aceite introducido a presión por una bomba. Suele ser más lento que un ascensor eléctrico. El consumo energético es, no obstante, notablemente mayor especialmente si lo comparamos con los modernos ascensores eléctricos sin reductor (máquinas *gearless*<sup>10</sup>).
- Ascensor neumático: el movimiento es producido por un compresor de aire que impulsa un pistón neumático, o en ocasiones al mismo carro.

En la Ilustración 3: Partes de un ascensor eléctrico suspensión 1:1 se puede apreciar las diferentes partes que conforman un ascensor.

---

<sup>9</sup> Tomado de [http://es.wikipedia.org/wiki/Ascensor#Ascensor\\_sin\\_cuarto\\_de\\_m.C3.A1quinas](http://es.wikipedia.org/wiki/Ascensor#Ascensor_sin_cuarto_de_m.C3.A1quinas) (consulta enero 2 de 2006)(adaptación)

<sup>10</sup> Este tipo de máquinas son de tecnología que no necesita reductor en el motor para entregar la potencia deseada. De ahí su nombre *gearless*.



**Ilustración 3: Partes de un ascensor eléctrico suspensión 1:1**

Hoy en día existen nuevas tecnologías que han generado nuevos tipos de ascensores: los ascensores sin cuarto de máquinas y ascensores *Twin*.

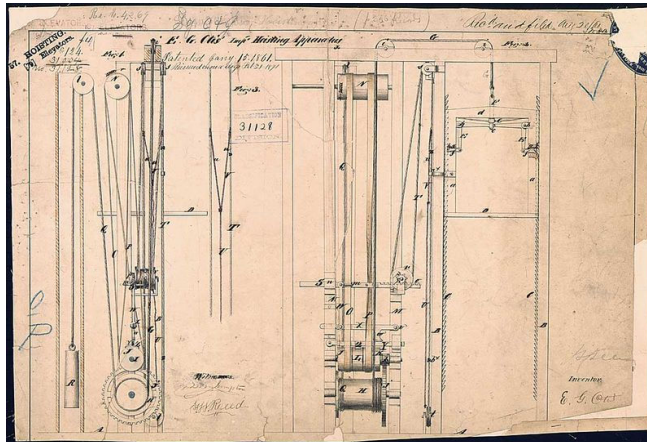
- Ascensores sin cuarto de máquinas: También conocidos como MRL (*Machine Room Less*), son equipos que trabajan con una máquina, que por sus dimensiones, permite ser ubicada dentro del pozo del ascensor, liberando el espacio donde normalmente iría la máquina convencional.
- Ascensores *Twin*: esta tecnología existe desde el 2003 y fue diseñada básicamente para edificios entre los 50 y 200 m.; se trata de un sistema por el que dos ascensores viajan de forma independiente por el mismo pozo, esto para mejorar la capacidad de tráfico y reduciendo el espacio destinado a los ascensores.

Desde el nacimiento de los ascensores hace ya 150 años aproximadamente (ver Ilustración 4: Una de las primeras patentes de un ascensor diseñado por Otis en 1861.), los equipos a tracción son los más utilizados y consiste básicamente en mover hacia arriba y hacia abajo una cabina unida mediante cables de acero a un contrapeso que la balancea.

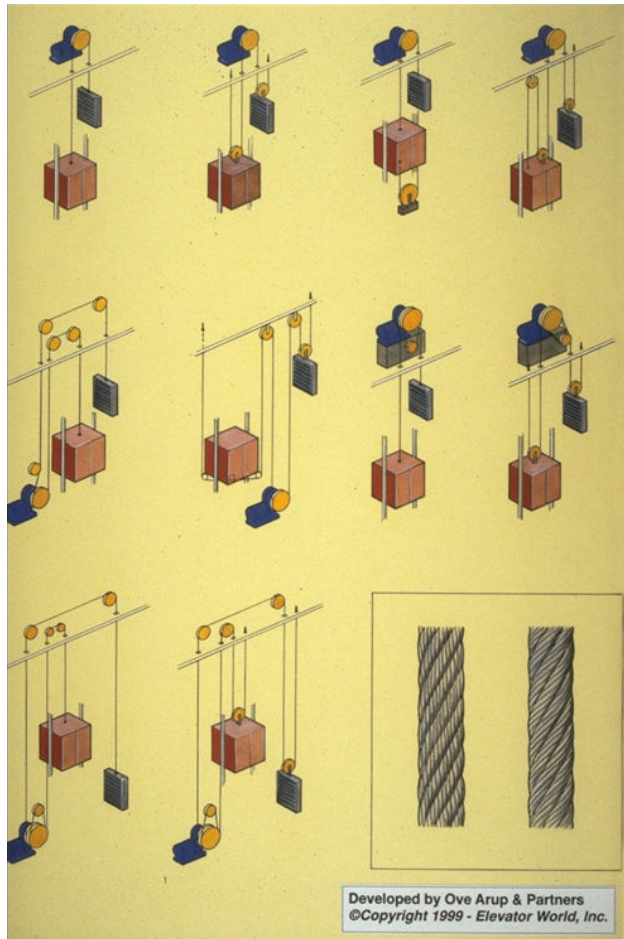
Existen para los ascensores a tracción dos (2) tipos de suspensión, que son: uno a uno (1:1), en donde la cabina y el contrapeso están en relación directa de velocidad y carga; y dos a uno (2:1)<sup>11</sup>, en donde la maquina que une la cabina y el contrapeso funciona a la mitad de la velocidad pero al doble de la capacidad de carga. Ver ilustración 4.

---

<sup>11</sup> Estos son los tipos de suspensión más utilizados en el mercado, pero incluso se han encontrado sistemas 4:1.

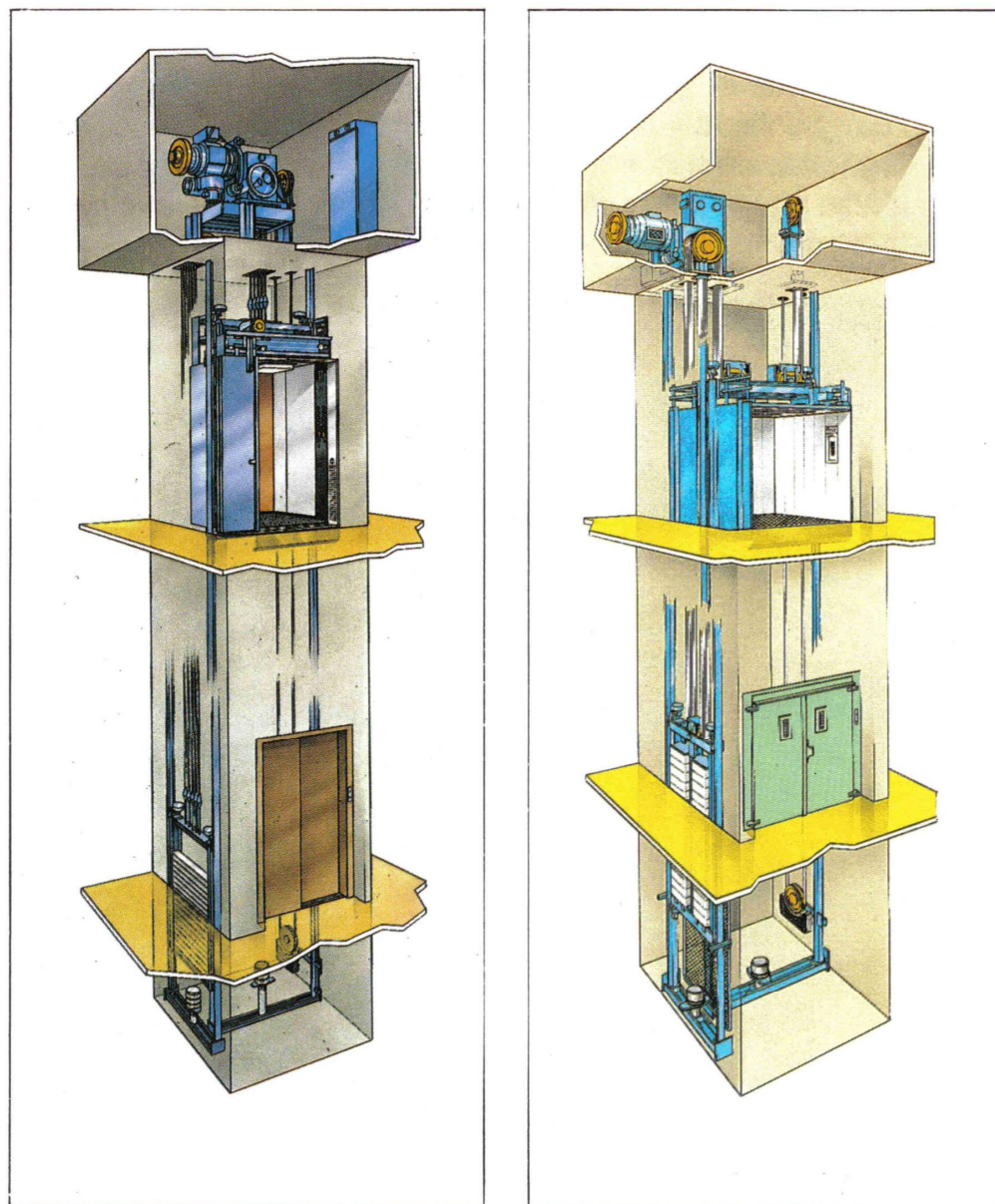


**Ilustración 4: Una de las primeras patentes de un ascensor diseñado por Otis en 1861.**



**Ilustración 5: Diferentes configuraciones para máquinas de tracción**





**Ilustración 6: Tipos de suspensión en los ascensores de tracción. Izquierda: suspensión 1:1, Derecha: suspensión 2:1.<sup>12</sup>**

---

<sup>12</sup> TOMADA DE: HIRSCHER, Peter. Thyssen Aufzüge – Elevators - Technology, Planning, Operation. La Nouvelle Libraire. España. 1987

### 1.7.1 Partes generales

A continuación se dará una breve explicación de los principales componentes que constituyen un ascensor a tracción con suspensión 1:1.

Para comenzar se enunciarán los conceptos referentes a la **obra civil** que constituyen el foso o el hueco:

#### 1.7.1.1 Recorrido Negativo (RN):

(También llamado *Pit*). Es el fondo del recinto por donde viaja el ascensor. Es aquí donde están dispuestos los amortiguadores y la parte baja del limitador de velocidad. Su distancia se mide desde el nivel del piso de la primera parada hasta el fondo del foso.

#### 1.7.1.2 Recorrido (R):

(También llamado *travel*). Es el recinto cerrado o parcialmente cerrado por donde viaja el carro y el contrapeso. Su distancia se mide desde el nivel del piso de la primera parada hasta el nivel de piso de la última parada.

#### 1.7.1.3 Sobre recorrido (SR):

(También llamado *overhead*). Es el espacio que debe haber en la parte superior del foso para albergar el carro cuando la cabina se encuentra en el último piso.

#### 1.7.1.4 Cuarto de Máquinas:

(También llamado *machine room*). Es el espacio en donde se encuentran los elementos motrices y/o sus accesorios. Generalmente se encuentra sobre la proyección del hueco del ascensor y debe tener espacio suficiente para que se

puedan ubicar los controles, la máquina, el limitador de velocidad parte alta; las dimensiones del cuarto de máquinas deben ser suficientes para realizar un trabajo fácil y seguro sobre el equipo

Ahora las **partes** más importantes **del ascensor**:

#### 1.7.1.5 Máquina de Tracción

Es el elemento motriz del sistema y está compuesto por un motor eléctrico de especificación según la carga y la velocidad, un reductor de velocidad usualmente reducción sinfín-corona<sup>13</sup>, un freno electromagnético acoplado al motor y al reductor y el elemento que mueve directamente todo el equipo que es la polea tractora o de tracción.

#### 1.7.1.6 Bancada

Es el componente que soporta la máquina de tracción, aísla al edificio de vibraciones, transmite el peso del carro, el contrapeso y los cables al edificio, y es el responsable de garantizar la estabilidad de la máquina. Además, se encarga de sostener la polea desviadora en el caso de ascensores con suspensión 1:1.

#### 1.7.1.7 Control de potencia y de maniobra

Contiene la lógica de funcionamiento del ascensor, así como las operaciones que debe efectuar para reconocer la posición en todo momento, etc. Es en estos

---

<sup>13</sup> Mediante el engranaje sinfín-corona se reduce la velocidad de giro que proviene del motor, aumentándose el par transmitido en la misma proporción, son utilizados comúnmente por sus altas relaciones de transmisión (relación entre la velocidad de entrada y la de salida), poseen adicionalmente un bajo costo y la posibilidad de ser autobloqueantes, es decir, que sea imposible mover el eje de entrada a través del eje de salida, algo que no es posible utilizando cualquier tipo de engranajes. Tomado de <http://www.monografias.com/trabajos6/trame/trame.shtml> (consulta 17 de enero de 2007) (adaptación).

controles en donde está el variador de frecuencia, las tarjetas electrónicas, los microcontroladores, la parte eléctrica de seguridad y control.

#### 1.7.1.8 Cabina

“Es el habitáculo en el cual se transportan las personas y/o carga”<sup>14</sup>. La cabina esta apoyada sobre el bastidor y esta aislada de éste por medio de unos soporte de caucho llamados *silentblocks*, los cuales minimizan las vibraciones y el ruido generados por el bastidor.

#### 1.7.1.9 Bastidor

De este componente se hará mayor énfasis más adelante puesto que es la base de este trabajo.

#### 1.7.1.10 Contrapeso

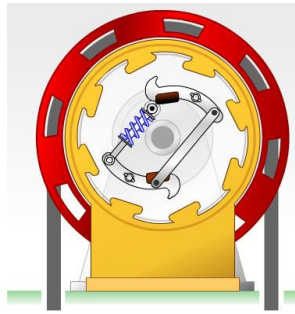
Lastre empleado para balancear el sistema y disminuir así, la potencia requerida por la máquina de tracción para mover el carro. Su peso total es el peso del carro más el 40 o 50% de la carga nominal.

#### 1.7.1.11 Limitador de velocidad

Dispositivo mecánico que le entrega al carro una señal para que el paracaídas actúe y detenga el movimiento. Esta señal es entregada una vez el carro haya sobrepasado la velocidad nominal. Está compuesto por:

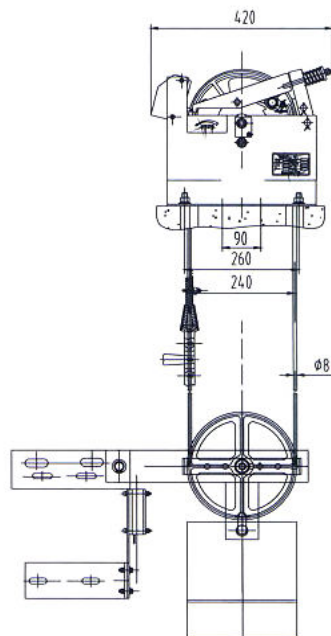
---

<sup>14</sup> ESCOBAR, E. “DISEÑO DE UN CONTRAPESO PARA ELEVADORES A TRACCION DE LA EMPRESA COSERVICIOS S.A.” Medellín. Universidad Pontificia Bolivariana. 2006



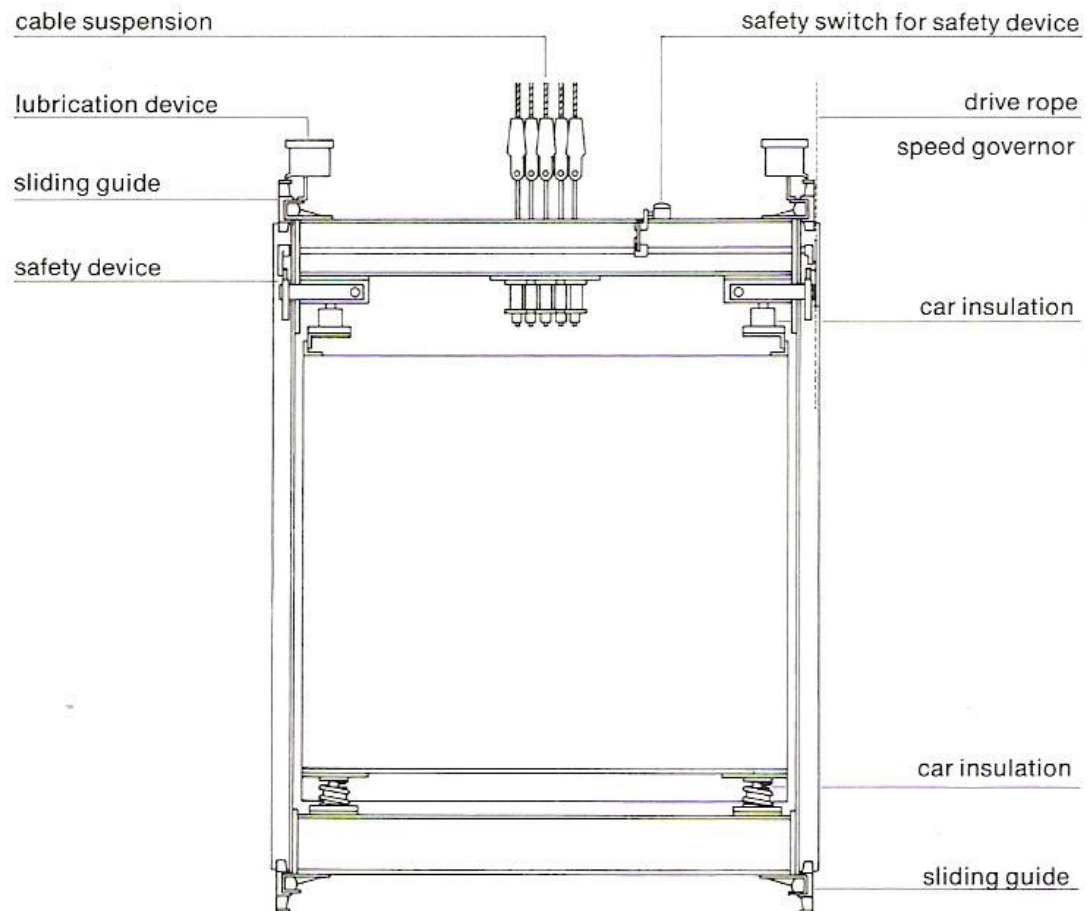
**Ilustración 7: Limitador de velocidad (mecanismo centrífugo de frenado)**

- Limitador parte alta. Polea superior ubicada generalmente en el cuarto de máquinas, usualmente tiene un mecanismo centrífugo de bloqueo como se muestra en la Ilustración 8: Limitador de velocidad.
- Limitador parte baja. Polea inferior ubicada en pozo, su función es tensionar el cable del limitador.
- Cable del limitador: Cable que une las dos poleas del limitador.



**Ilustración 8: Limitador de velocidad**

### 1.7.2 Bastidor

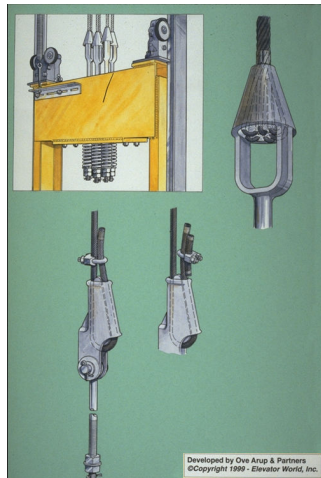


**Ilustración 9: Esquema básico de un bastidor**

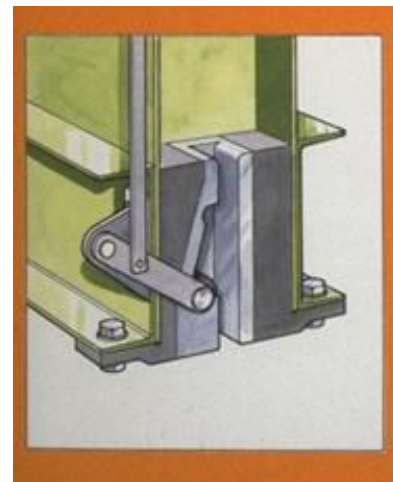
Algunos autores llaman cabina al conjunto conformado por el bastidor y la “caja” que alberga a los pasajeros y/o la carga, pero en realidad estos son dos componentes totalmente distintos y que cumplen funciones diferentes. El bastidor de cabina es una estructura fabricada en acero, la cual se construye básicamente con perfiles en acero o con láminas metálicas dobladas, las cuales van

ensambladas entre si por medio de uniones pernadas y soldadas; dicho elemento esta diseñado con un factor de seguridad<sup>15</sup> por encima de 3 para resistir las cargas nominales y las que puedan producirse al accionarse los sistemas de seguridad. Este marco metálico se compone de tres partes principales, puente alto, puente bajo y tirantas.

En el puente alto, para la mayoría de los ascensores a tracción, se encuentran fijadas las terminales de cable (ver Ilustración 10: Terminales de cable. Ilustración 11: Paracaídas) las cuales se unen con los cables que vienen de la máquina transmitiendo el movimiento de ésta al equipo y permitiendo su desplazamiento. (Estas mismas terminales se encuentran en el contrapeso para los equipos con suspensión 1:1). Además de las terminales de cable, en el puente alto también se disponen los controles necesarios para maniobrar el equipo cuando se hace mantenimiento.



**Ilustración 10: Terminales de cable.**



**Ilustración 11: Paracaídas**

---

<sup>15</sup> El factor de seguridad es un factor que se utiliza en ingeniería para sobredimensionar los cálculos teóricos.

En el puente bajo normalmente se ubican los sistemas de seguridad, encargados de detener el ascensor en caso de sobre velocidad (paracaídas)<sup>16</sup>, la insonorización parte baja encargada de aislar la cabina de vibraciones y ruido, el sensor de carga y los guidores o deslizaderas.

Finalmente las tirantas se encargan de unir el puente alto y bajo y en algunos modelos de bastidores las deslizaderas y/o paracaídas se disponen en este lugar. Para rigidizar la estructura se emplean tensoras, las cuales son ejes roscados en sus extremos para poder graduar e incrementar el nivel de rigidez y nivelar el marco.

El bastidor tiene 2 funciones principales: 1. Soportar la cabina y aislarla de las vibraciones y el ruido producidos durante el funcionamiento del ascensor y 2. Transmitir el movimiento originado por el motor, dirigido por los cables de tracción, hasta las terminales de cable.

#### 1.7.2.1 Partes básicas

Dentro de las partes básicas que conforman un bastidor están:

- Marco: Es la parte compuesta por los puentes alto, bajo y tirantes al cual se unen los demás componentes.
- Terminales de cable:(Ilustración 10: Terminales de cable. Ilustración 11: Paracaídas) Ver definición de la pág. anterior.; estos

---

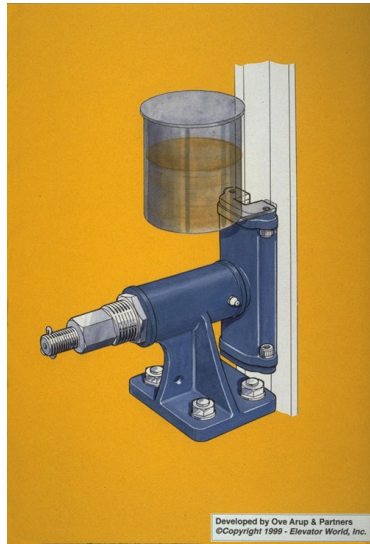
<sup>16</sup> La norma EN-81-1 **sugiere** ubicar el paracaídas en el puente bajo, no siendo esto un parámetro de diseño obligatorio. Algunos fabricantes ubican los paracaídas en el puente alto, pues es desempeño del equipo9 es igual para cualquiera de las 2 configuraciones.



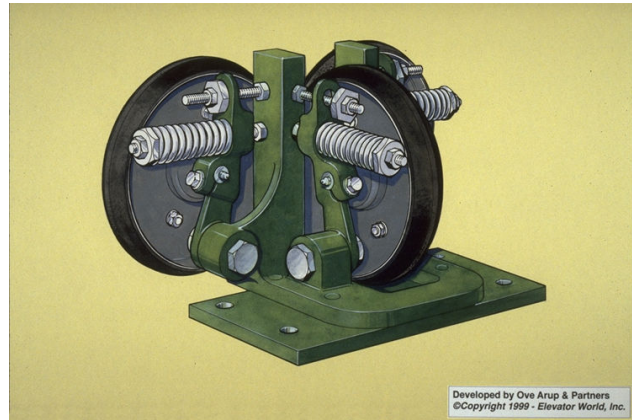
dispositivos también son utilizados en el contrapeso para los equipos con suspensión 1:1.

➤ Deslizaderas: (Ilustración 12: A Deslizadera) Son los elementos encargados de conservar guiado el bastidor durante todo su recorrido. Existen 2 clases de deslizaderas:

- Lubricadas: Son deslizaderas rígidas fabricadas en nylon, lubricadas por medio de un dispositivo que almacena y dosifica aceite para tal fin. Estas deslizaderas son utilizadas para equipos de bajas velocidades, las cuales oscilan entre 0.5 a 1.5 m/s. Algunos modelos con velocidades alrededor de los 3 m/sg utilizan deslizaderas en bronce.
- No lubricadas: A diferencia de las anteriores este tipo de deslizaderas se pueden adaptar a las posibles irregularidades que se puedan presentar en las guías y no necesita lubricarse, gracias a su diseño el cual permite que funcione adecuadamente de esta manera. También conocidas como *roller guide*, se utilizan para equipos de medias y altas velocidades, es decir mayores a 1.6m/s. (Ilustración 12: A Deslizadera lubricada. B. Roller Guide.).

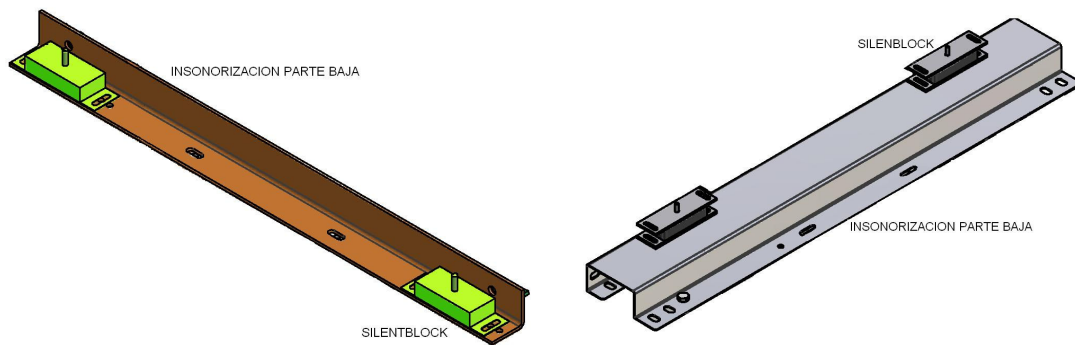


**Ilustración 12: A Deslizadera lubricada.**



**B. Roller Guide.**

- Controles de foso: Son los controles encargados de maniobrar el equipo cuando éste se encuentra en mantenimiento; dicho control es manipulado por un técnico calificado.
- Insonorización parte alta: Es una pieza compuesta por elementos de caucho encargada de aislar los ruidos y las vibraciones producidas durante el funcionamiento del ascensor. Este dispositivo va unido al techo de la cabina.
- Insonorización parte baja: Es un perfil metálico, ya sea comercial o fabricado en lámina doblada al cual se ensamblan unos cauchos llamados *silentblocks* (ver Ilustración 13: Tipos de insonorización) los cuales cumplen la misma función de la insonorización parte alta. Además de esto, en dichos elementos se apoya directamente la cabina.



**Ilustración 13: Tipos de insonorización**

### 1.7.2.2 Seguridad

En un bastidor deben existir componentes de seguridad que garanticen el bienestar de los pasajeros en caso de que el equipo presente fallas inesperadas.

- Paracaídas: su función es detener el movimiento del equipo en caso de que se presente una sobre velocidad no programada; el encargado directo de activarlo es el limitador de velocidad (Ilustración 8: Limitador de velocidad); para lograr esto el limitador parte alta se bloquea, gracias al mecanismo explicado anteriormente (ver 1.7.1.11) cuando la cabina+bastidor viajan a una velocidad mayor a la nominal. Existen dos tipos de paracaídas:
  - Instantáneo: como su nombre lo indica este paracaídas detiene súbitamente el ascensor, esto es que al accionarse el paracaídas la cabina recorre una distancia menos a 25 Mm. antes de detenerse. Dicho dispositivo se utiliza en montacargas, por la fuerza del impacto

al detenerse. El paracaídas instantáneo se utiliza en equipos con velocidades menores o iguales a 0.63m/s.<sup>17</sup>

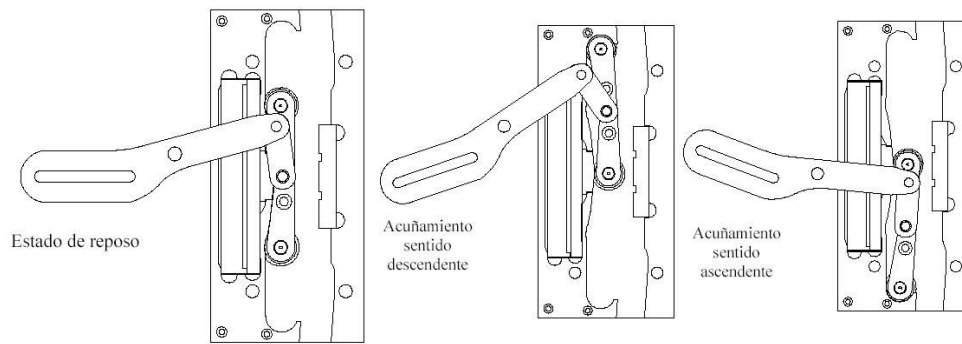
- Progresivo: A diferencia del anterior, el ascensor se detiene gradualmente para disminuir la fuerza ocasionada por la detención y no lesionar a los pasajeros que viajan en el interior de la cabina. En este caso la distancia de detención se amplía y a medida que la cabina viaje a mayor velocidad necesitara mas distancia para su total detención. El paracaídas progresivo se utiliza en equipos con velocidades mayores a 0.63m/s.

Velocidad Nominal (m/s)	Velocidad de disparo (m/s)	Tipo de paracaídas
0.4	0.95	INSTANTANEO
0.6	0.95	INSTANTANEO
0.8	1.45	PROGRESIVO
1.0	1.45	PROGRESIVO
1.2	1.7	PROGRESIVO
1.5	2	PROGRESIVO
1.75	2.3	PROGRESIVO
2.0	2.6	PROGRESIVO

**Tabla 1: Tabla de velocidades de disparo en paracaídas**

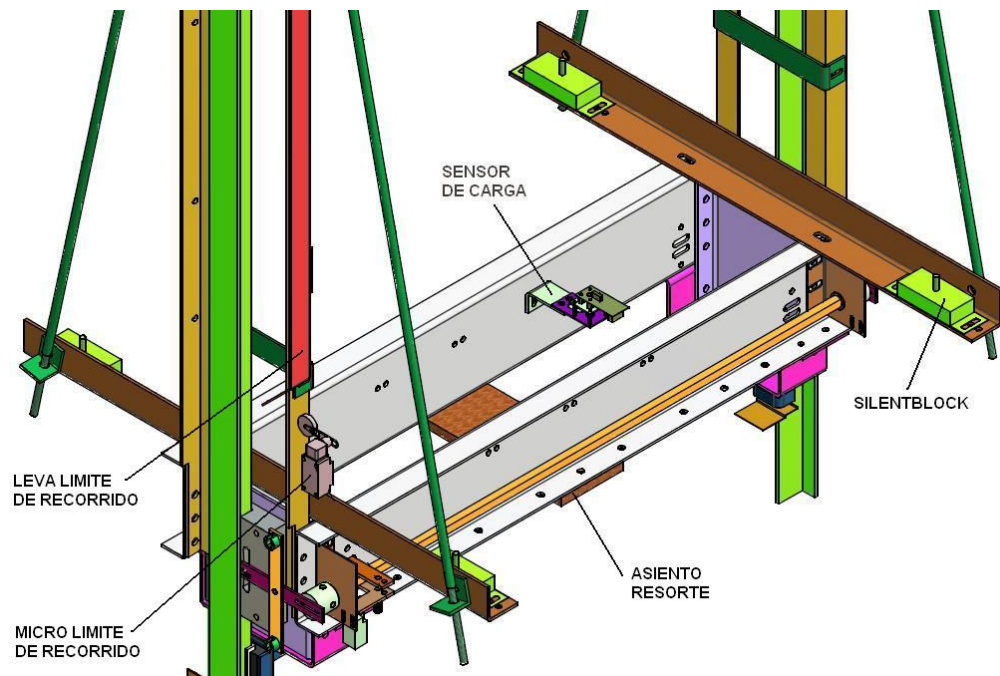
---

<sup>17</sup> Estos datos de son dados por la norma EN 81-1/2 y lo que busca básicamente es evitar una desaceleración superior a la gravedad (g) en la cabina ya que cualquier valor por encima de esta, podría causar algún daño al pasajero, sobre todo si es de edad avanzada.



**Ilustración 14: Paracaídas**

- **Sensor de carga:** Su función es detectar sobrecarga en el equipo e impedir su funcionamiento entre tanto no se vuelva a la carga máxima permitida o por debajo de ella. Para lograr esto, dicho dispositivo cuenta con un control electromecánico que se encarga de enviar una señal al equipo, la cual se transmite a los pasajeros por medio de un sonido o de luz.



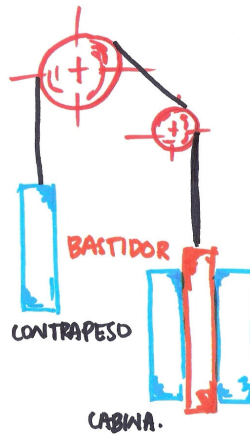
**Ilustración 15: Dispositivos de seguridad**

- Asiento resorte: elemento metálico capaz de absorber el impacto contra los amortiguadores ubicados en el extremo inferior del foso. (Generalmente el ascensor no llega hasta apoyarse en los amortiguadores, pero en algunas ocasiones el equipo se pasa del límite de su recorrido, principalmente durante el ajuste previo a la entrega al cliente externo.)(Ver Ilustración 15: )
  
- Leva límite de recorrido: Es una pieza en lámina metálica ensamblada al bastidor cuya función es accionar un dispositivo electromecánico (Micro límite de recorrido) ubicado en los extremos superior e inferior del foso, unidos directamente a una de las guías de cabina para evitar que el equipo continúe con su recorrido y choque contra los muros. La leva al accionar el micro, se envía una señal indicándole al control detener la máquina.

#### 1.7.2.3 Tipos de bastidores

Existen varios tipos de bastidores de acuerdo con el tipo de ascensor: de tracción o hidráulico, de suspensión 1:1 o 2:1 y si se va a transportar carga y/o personas. Teniendo en cuenta las variables mencionadas y la velocidad a la cual se desea trabajar se selecciona el bastidor que se necesita.

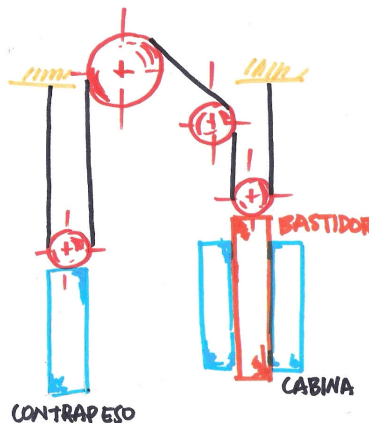
➤ Tracción 1:1



**Ilustración 16: Esquema equipos a con suspensión 1:1**

En este tipo de configuración el bastidor va directamente unido a los cables de tracción por medio de las terminales de cable las cuales se apoyan en la placa de amarre que a su vez está en el puente alto. Este tipo de suspensión es la más utilizada ya sea para transportar pasajeros o carga hasta 2000 Kg.

➤ Tracción 2:1



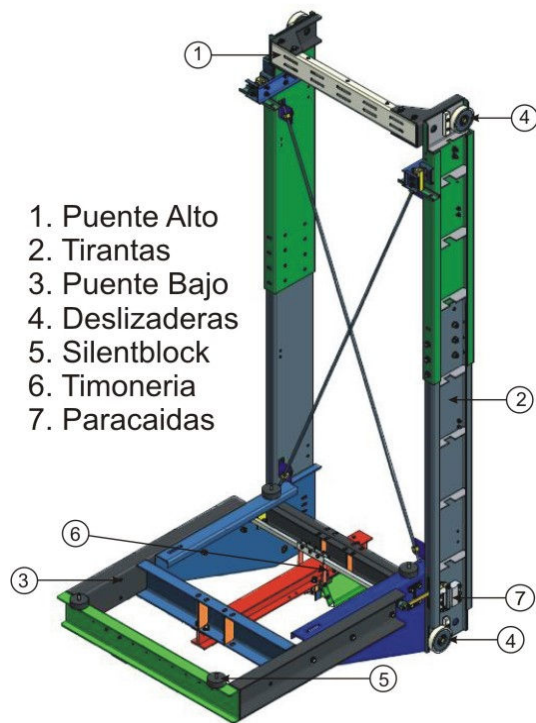
**Ilustración 17: Esquema equipos con suspensión 2:1**

Para esta configuración, el conjunto compuesto por las terminales de cable y la placa de amarre se ubican en la loza del cuarto de maquinas; en reemplazo de éste se utiliza un sistema de poleas ensamblado en el puente alto, por el cual pasa el cable de tracción. Esta configuración presenta una ventaja al recorrer el doble de distancia que normalmente recorre un equipo 1:1 y con la misma potencia de una maquina convencional se pueden transportar cargas muy elevadas (2000 Kg. en adelante), por eso su utilización es muy común en equipos grandes. (Monta camilleros, monta coches)

En los casos descritos anteriormente, la arquitectura básica del bastidor es la misma, pues no se ven afectadas de manera significativa sus partes principales, simplemente se adecuan los subsistemas necesarios de acuerdo al tipo de suspensión.

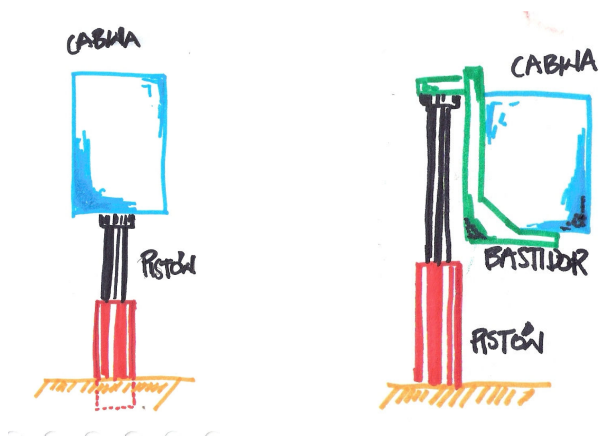
En el caso de los ascensores hidráulicos, el bastidor cambia completamente su arquitectura pero conserva la esencia de cada parte, es decir, también están conformados por un puente alto, puente bajo y sus respectivas tirantas; este tipo de bastidor es conocido como bastidor tipo mochila o tipo *MEI* (Ver Ilustración 18: Bastidor Tipo mochila o MEI). De igual manera se utilizan bastidores como los ilustrados inicialmente. Cabe anotar que los equipos hidráulicos también deben ir guiados durante todo su recorrido.





**Ilustración 18: Bastidor Tipo mochila o MEI**

➤ Equipos hidráulicos directos



**Ilustración 19: Esquemas equipos hidráulicos directos**

En este tipo de equipos el pistón que genera el movimiento vertical va unido directamente al bastidor. En el caso de los bastidores convencionales, dicho acople va ubicado donde se encuentra el asiento resorte en el puente bajo. Este tipo de hidráulicos se utilizan cuando el recorrido es menor a 10m y las cargas son pequeñas (4 paradas) por la capacidad del pistón y la bomba hidráulica.

➤ Equipos Hidráulicos indirectos

En este caso el pistón va unido a un componente adicional llamado carro polea, por el cual pasa el cable de tracción; un extremo de éste va unido al bastidor y el otro va anclado en el recorrido negativo (Ver Ilustración 20: Esquema equipo hidráulico indirecto.). La ventaja que presenta esta configuración es que por cada metro que recorre el pistón la cabina hace el doble, por esto se puede llegar a los 20m aproximadamente (6-7 paradas); además de esto se puede transportar cargas de mucha capacidad.

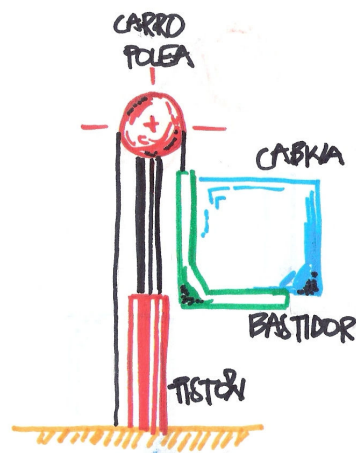
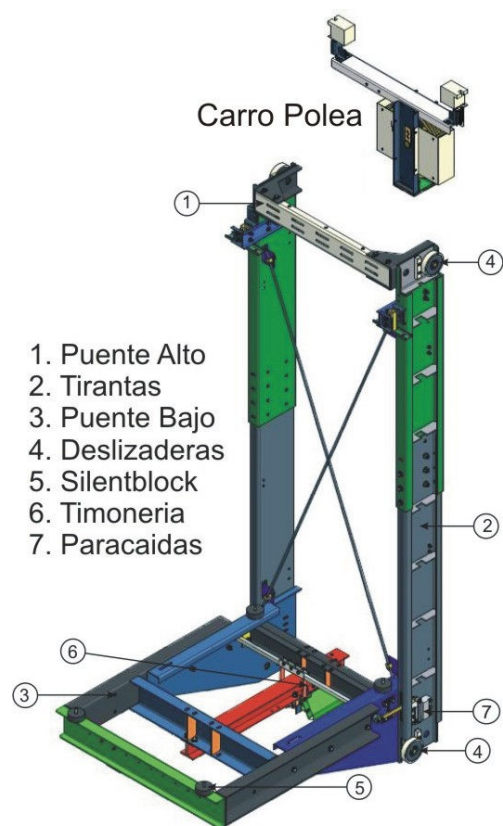


Ilustración 20: Esquema equipo hidráulico indirecto



**Ilustración 21: Bastidor tipo MEI con carro polea**

## 2. MARCO TEÓRICO.

### 2.1 CÁLCULO DE PERFILES ESTRUCTURALES

Para el diseño de la bancada, se debe considerar el cálculo de perfiles estructurales especialmente el de vigas. El cálculo de columnas no aplica para este diseño porque no hay ningún elemento que tenga longitud mayor a diez (10) veces su longitud transversal menor.<sup>18</sup>

El cálculo de vigas se aplica para los perfiles que conforman el marco principal, que estén sometidas a “cargas transversales aplicados en el centro de corte de la sección transversal y/o a momentos flectores aplicados sobre cualquier plano que contenga el eje longitudinal de la viga”<sup>19</sup>.

Estos cálculos pueden ser necesarios al momento de calcular el tipo de viga específico para la solución propuesta.

### 2.2 CÁLCULO DE UNIONES PERNADAS

El bastidor es un sistema en el cual todos sus componentes están unidos entre si por medio de tornillería. Se deben analizar las condiciones de torque, precarga y verificar que factor de seguridad se tiene en los tornillos de ensamble.

Para mayor información consultar la siguiente bibliografía:

---

<sup>18</sup> PÉREZ, Hernán David. Aplicaciones de la Mecánica de Materiales. Medellín: Editorial UPB, 1997. p88

<sup>19</sup> Ibíd... p40

NORTON, Robert L. Diseño de Máquinas. México. Prentice Hall, 1999. pág. 889-891 896, 906-908, 914-928.

### **2.3 CRITERIOS PARA LA APLICACIÓN DE ELEMENTOS FINITOS**

El análisis de elementos finitos o FEA (siglas en inglés) permite estudiar las piezas diseñadas bajo unas condiciones de restricción definidas (condiciones de frontera) y sometidas a cargas ya establecidas. Estos análisis arrojan resultados importantes para la toma de decisiones en el proceso de diseño, pues muestra un claro panorama del comportamiento del componente, por donde puede fallar, cuales son los concentradores de esfuerzos, las deformaciones máximas y el factor de seguridad, como resultados más significativos para el caso del bastidor.

Por esto es necesario tener presente los siguientes criterios al momento de hacer el análisis:

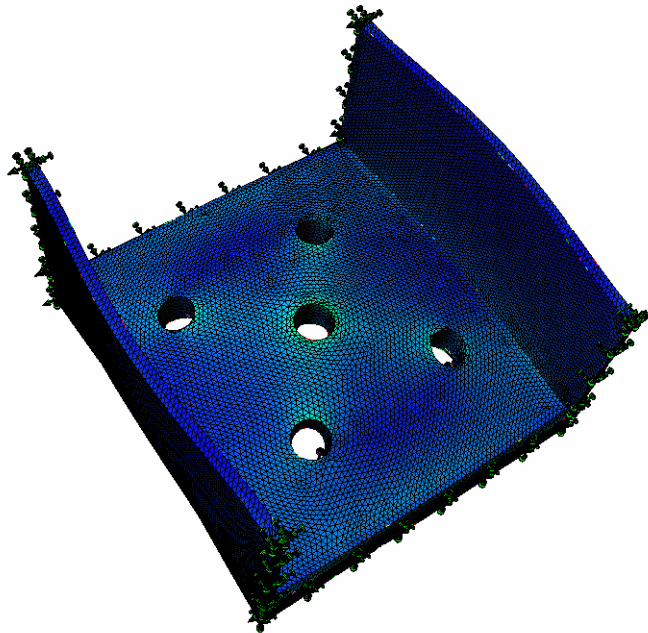
- Definir correctamente las condiciones de frontera: se refiere a tener muy bien definidas las restricciones que tendrá la pieza al momento de ser sometido a las cargas. Estas condiciones deben ser lo más aproximado posible al fenómeno real para poder tener resultados relevantes<sup>20</sup>.
- Diseñar piezas que no tengan formas irregulares, pues estas pueden crear problemas al momento de generación de la malla, guiando el análisis por dos caminos: en el primero no puede crearse la malla por las mismas irregularidades geométricas encontradas; en el segundo el análisis muestra resultados que se desvían de la realidad; un ejemplo de este último caso es

---

<sup>20</sup> En algunos casos las condiciones de frontera se restringen por la simplicidad del modelador en el que se hará al análisis.

la aparición de concentradores de esfuerzos en lugares dónde no deben estar.

- Finalmente es muy importante verificar las características de la malla con la que se hará el análisis<sup>21</sup>; el refinamiento de ésta es importante en el momento de la simulación del fenómeno real; mientras menos fina el resultado es menos confiable porque se crean estructuras rígidas que pueden cambiar las características y el comportamiento real del componente analizado y al igual que el caso anterior se pueden generar concentradores de esfuerzo inexistentes.



**Ilustración 22: Ejemplo de malla bien definida**

---

<sup>21</sup> De igual manera el refinamiento de la malla puede depender de la calidad del modelador.

### 3. ESTADO DEL ARTE.

#### 3.1 PROCESO DE DISEÑO

Dentro de la formación del IDP, se estudian metodologías de diseño de productos propuestas por autores diferentes, las cuales guían todo el proceso y entregan como resultado la solución a una necesidad planteada inicialmente. Estas metodologías parten de un elemento muy importante para el IPD llamado PDS (Product Design Specifications) el cual define claramente cuales son las prestaciones y requerimientos que debe cumplir la solución propuesta.

Podría decirse que todas tienen en común: una etapa de recolección previa de información para la creación del listado de requerimientos (PDS), una conceptualización de la necesidad, una creación de propuestas o lluvia de ideas, evaluación y puesta a punto de la mejor alternativa; la diferencia radica en que en cada una de ellas el proceso de desarrollo de cada etapa del proceso y las herramientas que se manejan son diferentes.

Estas metodologías son muy utilizadas en los países desarrollados, y evidencia de ello son productos mejor definidos que responden a necesidades y clientes muy bien definidos.

En el caso de nuestro país, su utilización es aún escasa, por lo que es difícil encontrar procesos de diseño claramente definidos, que sigan una estructura coherente, que partan de una necesidad específica con sus necesidades y requerimientos plenamente identificados y que puedan dar como resultado una propuesta que satisfaga notablemente a los clientes.

Dentro de COSERVICIOS S.A. podría definirse el siguiente proceso de diseño de nuevos productos:

- Definición de la necesidad.
- Definición de premisas de diseño (datos que no pueden omitirse dentro del diseño).
- Generación de alternativas.
- Diseño de propuesta solución (aquí puede incluirse el diseño de detalle)
- Fabricación de prototipo y puesta a punto.

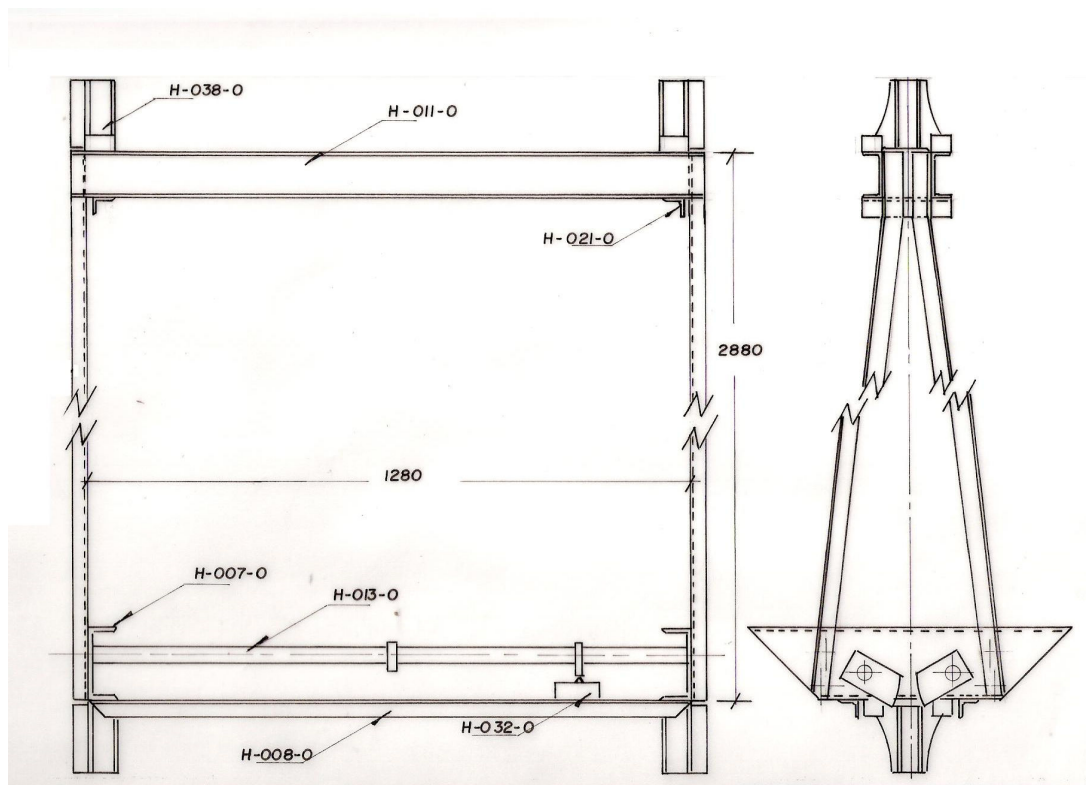


## 3.2 PRODUCTO

### 3.2.1 Bastidores en Coservicios

A través de los años, Ascensores Andino ha utilizado diferentes tipos de bastidores en los cuales se han tomado como referencia diseños de otros fabricantes, mas los desarrollos hechos por el equipo de ingenieros de la misma compañía. A continuación se ilustrarán los más importantes.

### 3.2.2 Bastidor de Camarín (BC)

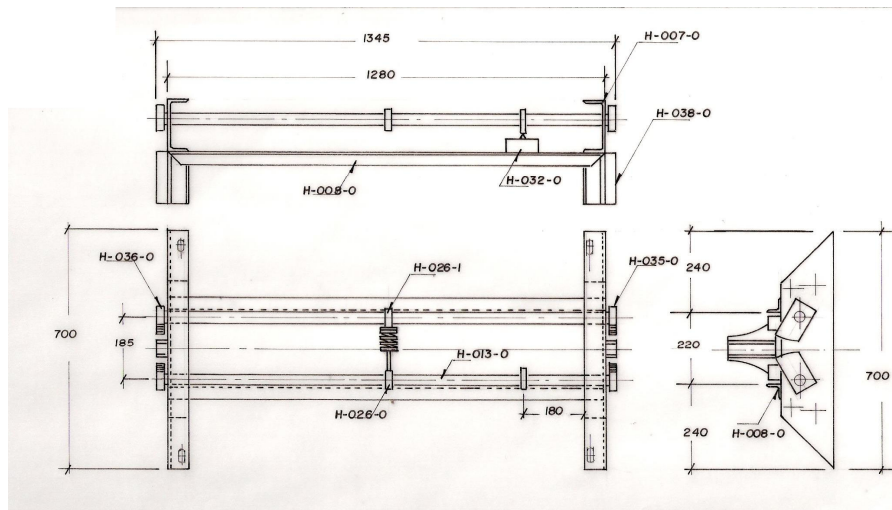


**Ilustración 23: Bastidor de Camarín**

Este es uno de los bastidores mas viejos utilizados en la compañía, el cual era usado para las cabinas modelo CS y velocidades que no superaban 1 m/s.

Está compuesto por un marco metálico generado por perfiles comerciales, tales como: ángulos para las tirantas y viga U liviana para los puentes; para los elementos que complementaban dicho bastidores se utilizaba lámina metálica cal 11 y otros materiales ferreteros como ejes de diferentes diámetros. Otros componentes como las deslizaderas eran fabricados en fundición gris (Ver Ilustración 23: Bastidor de Camarín.). Este bastidor presentaba un buen desempeño en bajas velocidades<sup>22</sup>.

Para este bastidor se utilizaba un paracaídas instantáneo el cual era activado como se hace actualmente, es decir, por medio del limitador de velocidad.

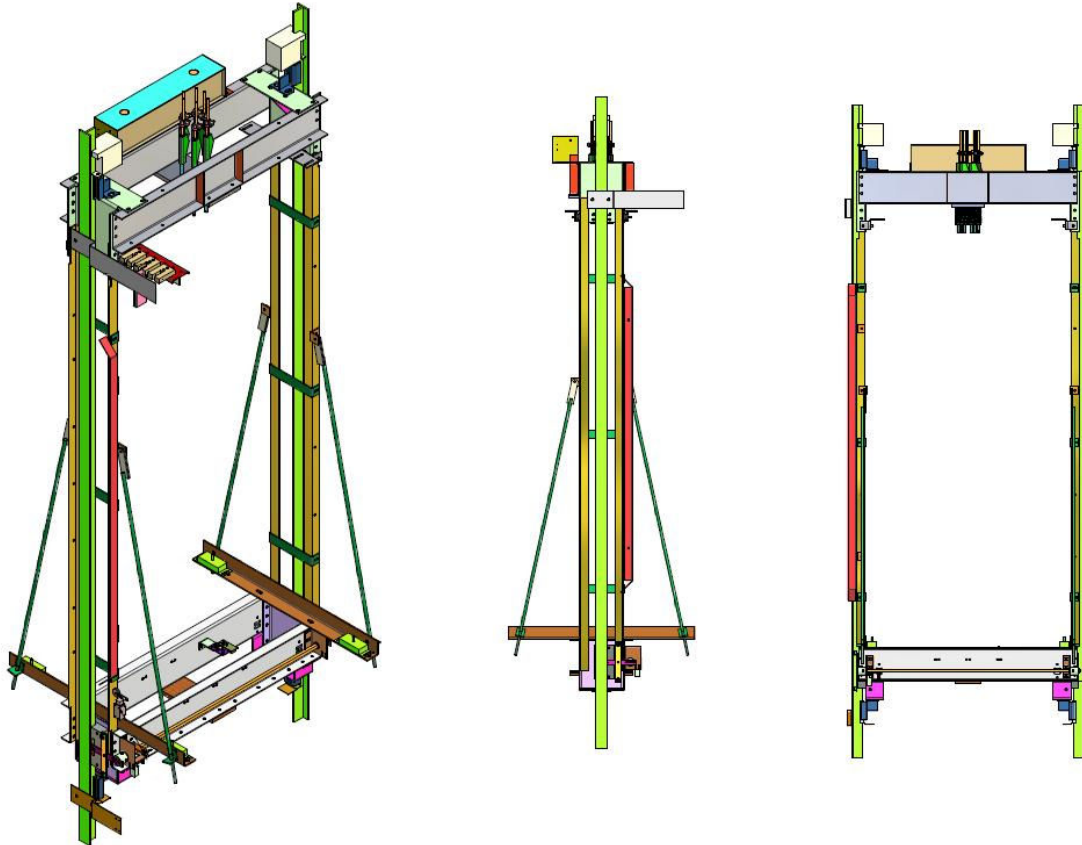


**Ilustración 24: Timonería y paracaídas bastidor camarín**

### 3.2.3 Bastidor Progresivo (BP)

<sup>22</sup> Las máquinas utilizadas anteriormente eran de 2 velocidades, lo que producía cambios bruscos en el momento de la detención del equipo. Estas máquinas no superaban velocidades de 1 m/s a diferencia de las utilizadas actualmente que llegan hasta los 2-2.5 m/s y cuentan con un variador de velocidad que hace mas confortable el viaje.

Este bastidor es el utilizado actualmente en la línea estándar, y fue concebido para desempeñarse en equipos de 4 a 12 pasajeros, hasta velocidades de 1.4 m/s. Este diseño fue desarrollado por el departamento de ingeniería de la compañía basandose en el diseño de un fabricante externo que proveía el componente en los inicios de la compañía



**Ilustración 25: Bastidor progresivo (BP)**

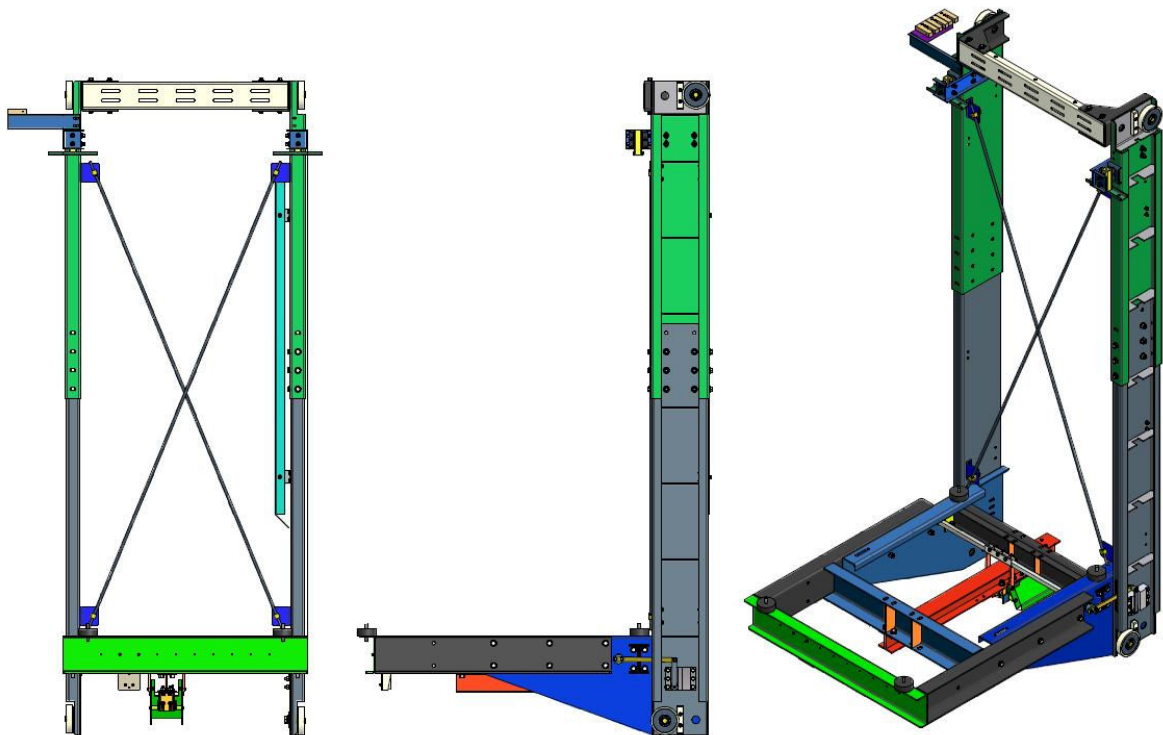
El BP está fabricado principalmente de piezas en lámina metálica doblada, a las cuales se les han soldado refuerzos para garantizar su resistencia. En este desarrollo ya se empiezan a utilizar componentes adicionales para mejorar el desempeño. En cuanto a los sistemas de seguridad se utiliza el bloque paracaídas *Dynatech*, el cual es progresivo y no instantáneo ; además cuenta con un sensor

de carga, que bloquea el funcionamiento del ascensor cuando se sobrepasa la capacidad permitida.

A diferencia del anterior, el BP posee un sistema tensor que da mayor rigidez al conjunto, aumentando el confort del viaje.

A medida que las velocidades de desplazamiento aumentan, alrededor de 1.5 m/s, el desempeño de este bastidor se vuelve menos óptimo causando algunas incomodidades al pasajero.

### 3.2.4 Bastidor tipo MEI (BM)



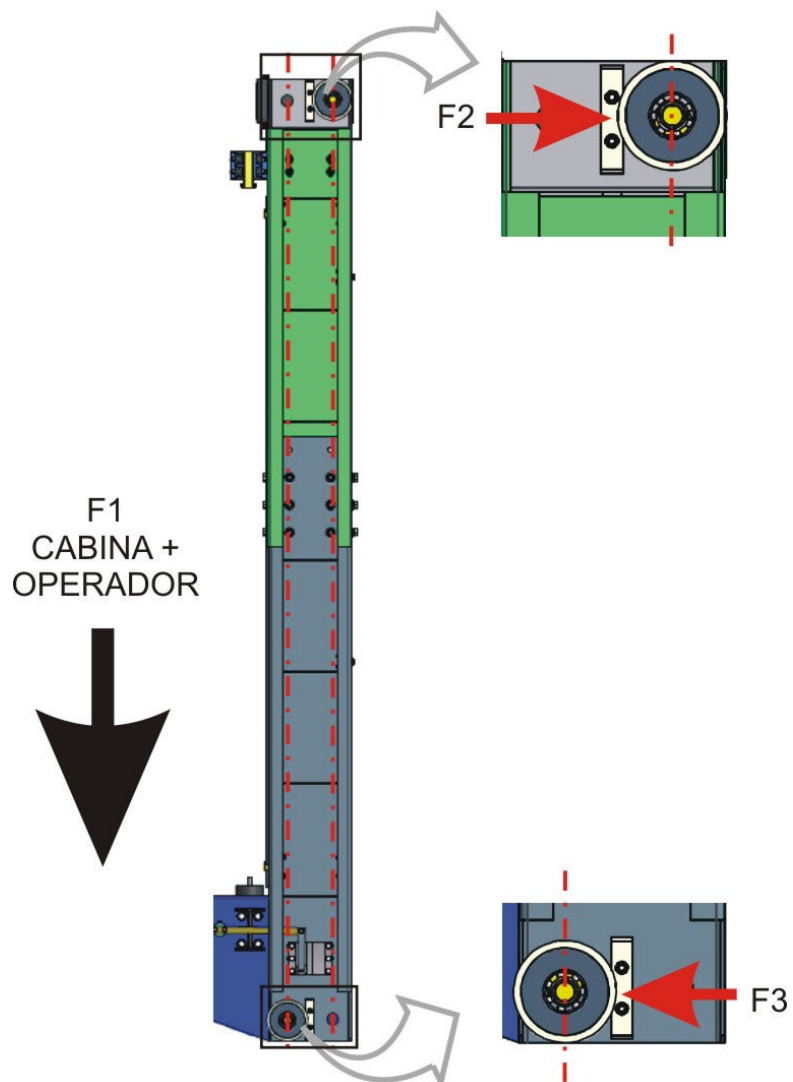
**Ilustración 26: Bastidor tipo MEI**

También conocido como bastidor tipo mochila, el BM es utilizado básicamente en equipos hidráulicos aunque en algunos casos puede utilizarse en ascensores de tracción.

Esta compuesto, al igual que el BP, principalmente por piezas en lámina metálica a las cuales se ensamblan los sistemas adicionales como timonería, carro polea (en el caso de los hidráulicos indirectos), deslizaderas, control, etc. A diferencia de lo otros bastidores, cuenta con silentblocks redondos, sus tensores están dispuestas en forma de “X” porque la arquitectura del bastidor sólo permite disponerlas de esta manera y la insonorización parte alta va sujeta a las tirantas y no apoyada a las mismas como en los diseños anteriores (ver Ilustración 27: Detalle insonorización parte alta bastidor Mei).



**Ilustración 27: Detalle insonorización parte alta bastidor Mei**



**Ilustración 28: Detalle Guía Bastidor Mei**

Además de la diferencia en la insonorización parte alta, también pueden apreciarse el tipo de deslizaderas no lubricadas que lleva este dispositivo; en este sistema se encuentra una pieza adicional (rueda) encargada de mantener al BM en su posición sin salirse de las guías, motivo por el cual están sometidas a altos esfuerzos, los cuales son mayores que los producidos en las deslizaderas de los bastidores descritos anteriormente. (Ver Ilustración 28: Detalle Guía Bastidor Mei.)

### 3.3 BASTIDORES DE OTRA MARCAS

Después de analizar algunos bastidores de otros fabricantes de ascensores, se pudo observar que éstos no varían mucho en su arquitectura básica; las diferencias entre cada uno de ellos radican principalmente en los puntos de sujeción entre componentes y tipos de insonorización parte baja

#### 3.3.1 Bastidor MK

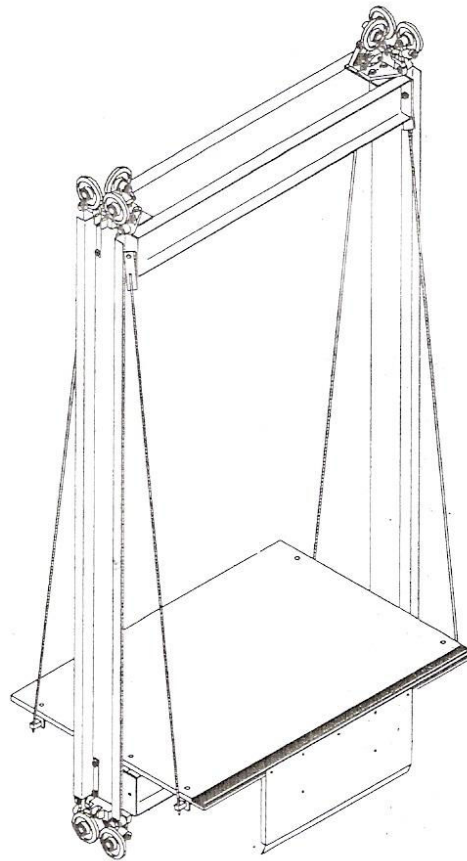


Ilustración 29: Bastidor MK

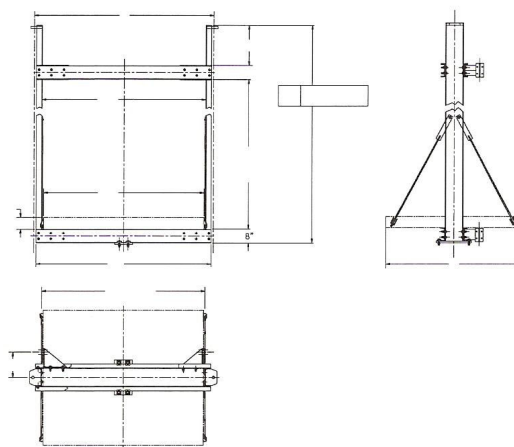
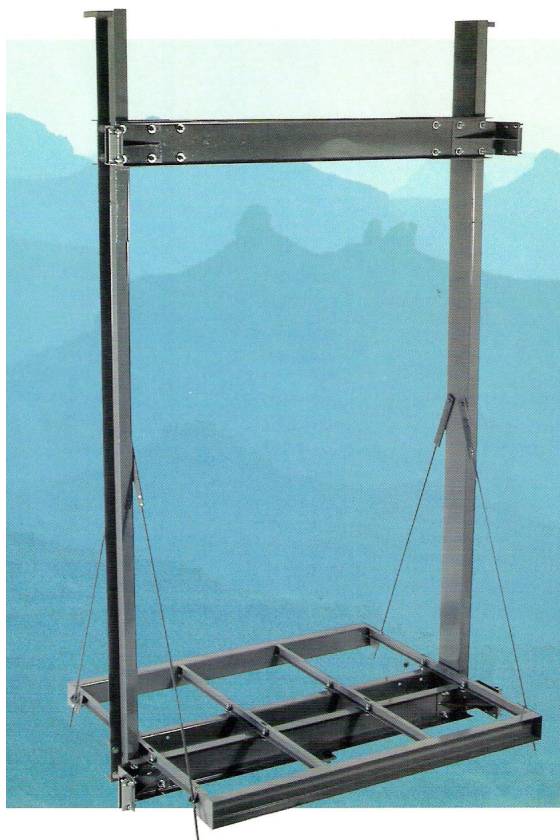
### 3.3.2 Bastidor W



Ilustración 30: Bastidor W



### 3.3.3 Bastidor GM



**Ilustración 31: Bastidor GM**

### 3.3.4 Bastidor X

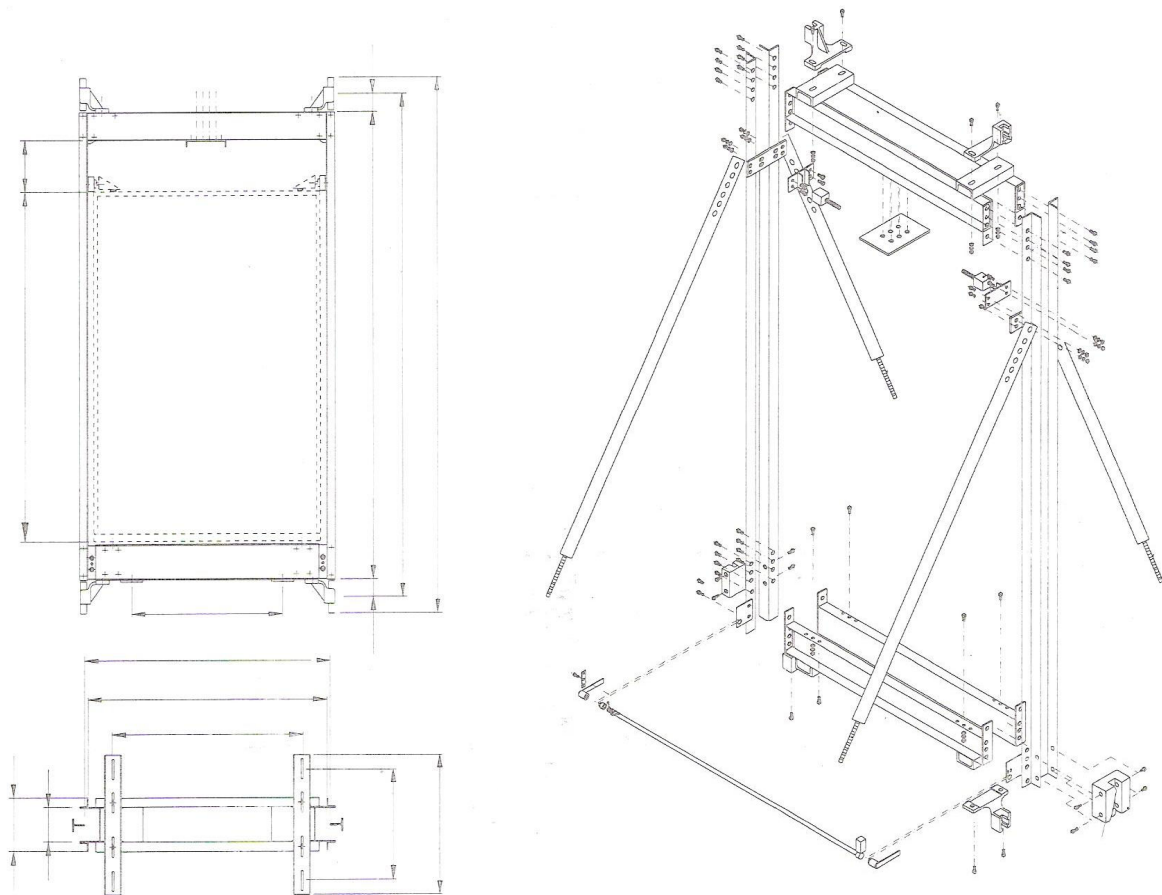


Ilustración 32: Bastidor X

### 3.3.5 Bastidor Y

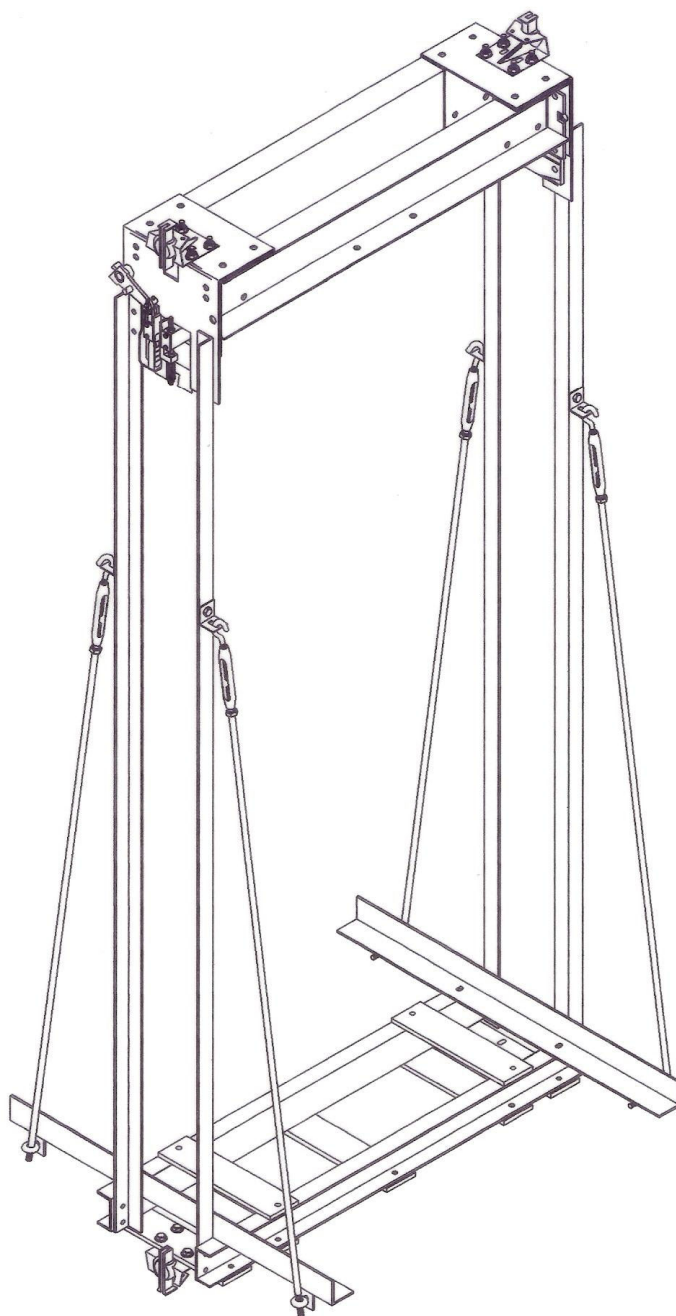


Ilustración 33: Bastidor Y

### 3.3.6 Bastidor TCS



Ilustración 34: Bastidor TCS

### 3.4 TABLA COMPARATIVA

A continuación se hará un mapa comparativo en el cual se describirán cada uno de los bastidores anteriores y sus características más importantes:

BASTIDOR	DESCRIPCION GENERAL	CARACTERISTICAS IMPORTANTES
MK	Bastidor conformado básicamente por piezas en lámina metálica. Los puentes son en forma de u lo que da mayor rigidez en el momento de soportar las cargas transmitidas por las terminales de cable. En este caso las tensoras van ensambladas en la parte superior, al puente y en la parte inferior a la plataforma de cabina en donde se puede incrementar el grado de rigidez de la misma. Las deslizaderas son <i>rollerguide</i> , lo que indica que estarán sometidas a altos esfuerzos. El paracaídas está ubicado en la parte inferior. Las tiratas son en forma de omega.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La forma de las tirantas es poco usual, siendo conformada en una sola pieza completa.</li> <li>➤ El ensamble superior de la tensora esta en el puente, disposición poco usual.</li> <li>➤ Los puentes son 4 piezas iguales, lo que facilita su producción, lo mismo sucede con las tirantas.</li> <li>➤ Bastidor muy simple, de fácil fabricación.</li> </ul>
W	Bastidor de alta capacidad, que cuenta con bloque paracaídas en ambos puentes, conectados entre si por medio de una palanca que iguala prácticamente la altura del marco y se activa desde la parte superior. El puente alto esta hecho de dos piezas diferentes, una que posee un sistema de amortiguación adicional al de las terminales de cable y otra donde se ensamblan las tirantas por medio de	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ El sistema de amortiguación adicional puede brindar un viaje más confortable.</li> <li>➤ A pesar de ser un marco bien conformado, el hecho de tener las tirantas a un solo lado pede atentar contra su estabilidad.</li> <li>➤ Las tensoras no permiten ajustar el grado de rigidez.</li> </ul>

BASTIDOR	DESCRIPCION GENERAL	CARACTERISTICAS IMPORTANTES
	<p>pernos; esta pieza además ayuda a conformar el ángulo recto entre tirantas y puente que puede garantizar la estabilidad de la estructura. En el puente bajo, la pieza descrita anteriormente es más compleja, pues adicionalmente soporta las deslizaderas inferiores y una parte de los silentblocks de cabina. En el lado opuesto se observa una insonorización mas larga y reforzada con un pie amigo para resistir las cargas que se concentran en este punto, las cuales son mucho mayores de un lado que del otro; en el mismo lado se disponen las tensoras. Las tirantas son más esbeltas y cuentan con un punto doble propósito, porque además de reforzarlas, es el punto de apoyo para la insonorización parte alta de cabina.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Disposición asimétrica de la insonorización parte baja.</li> </ul>
GMV	<p>Bastidor para equipos hidráulicos directos. El puente alto esta conformado por dos piezas simples y simétricas, provistas de un soporte para las deslizaderas, las cuales están a una distancia "X" del centro del marco, Las tirantas sobrepasan la altura del marco. El puente bajo es igual al puente alto. La insonorización parte baja es un marco adicional que se ensambla al puente bajo; esta disposición permite una mayor uniformidad en la</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La insonorización parte baja se vuelve más compleja, cumpliendo con mayor eficacia su función.</li> <li>➤ Al ser más compleja, la insonorización necesita un soporte adicional, que permite regularse en 4 puntos diferentes, dando un mejor balanceo y ajuste del centro de gravedad de la cabina.</li> </ul>

BASTIDOR	DESCRIPCION GENERAL	CARACTERISTICAS IMPORTANTES
	distribución de los esfuerzos generados por la cabina y la carga. Las tensoras son pequeñas; en este caso su función principal no es dar rigidez al bastidor sino dar soporte adicional a la insonorización parte baja.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Las deslizaderas están fuera del centro del marco.</li> <li>➤ Por ser un bastidor hidráulico directo no posee bloque paracaídas.</li> </ul>
X	Este bastidor es muy similar al BP en aspectos tales como, los puentes, tirantas y timonería. Se puede notar un detalle en los soportes de las deslizaderas, las cuales son en fundición, y es que son fabricados en viga U, soldadas al los respectivos puentes; estos soportes son en este material, pues deben absorber los esfuerzos que vienen de las deslizaderas. Además de esto el ensamble del soporte con los puentes debe ser muy exacto para poder conformar el marco principal; si el ensamble queda mal, la estructura no puede nivelarse puesto que el ensamble soldado condena las posibilidades de ajuste. La placa de amarre es una platina de 3/8". Las tirantas permiten graduar el nivel de rigidez, regular su altura de ensamble de acuerdo al tamaño de la cabina y, como en otros modelos, la parte inferior va unida a la ésta.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Soportes de las deslizaderas en perfil U.</li> <li>➤ Las tirantas pueden graduar su altura según sea necesario.</li> <li>➤ El bastidor tiene la capacidad de soportar cabinas desde 450Kg hasta 1950Kg</li> </ul>

BASTIDOR	DESCRIPCION GENERAL	CARACTERISTICAS IMPORTANTES
Y	Los puentes de este bastidor son diferentes. El puente alto es reforzado por tener el paracaídas y el puente bajo es mas simple con unos pequeños refuerzos que garantizan la estabilidad del mismo. La insonorización parte baja se compone de un ángulo unido al puente por medio de pernos a la cual se una la parte inferior de la tensora que a su vez permite graduar el grado de rigidez; la parte superior posee un ensamble muy simple tipo gancho que de igual manera cuenta con el sistema de graduación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Los paracaídas están ubicados en el puente alto.</li> <li>➤ Uno de los sistemas de ensamble de la tiranta es un gancho que permite regular el nivel de rigidez.</li> <li>➤ La insonorización parte baja es igual que en el BP.</li> </ul>
TCS	En este bastidor se aprecia que predominan los ensambles con tornillería para todos sus componentes; los tornillos usados para estas aplicaciones son G8, porque estarán sometidos a condiciones de gran exigencia mecánica, por esto se ve claramente que el ensamble en los puentes se hace con hileras de 5 pernos, mientras que el ensamble de las tirantas se hace con 3. Otra particularidad de este diseño es que los puentes están fabricados en una sola pieza de lamina metálica en forma de omega lo que le da mayor rigidez y resistencia a la pieza. La insonorización parte baja está conformada por piezas en forma de U, a las cuales se les	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Sistema de ensamble</li> <li>➤ El bastidor da la impresión de rigidez y estabilidad.</li> <li>➤ Fabricación de los puentes.</li> </ul>



BASTIDOR	DESCRIPCION GENERAL	CARACTERISTICAS IMPORTANTES
	ensambla una fila de resortes encargados de soportar la cabina. En este bastidor el sistema de paracaídas se ubica en el puente alto.	

**Tabla 2: Tabla comparativa**

## 4. DISEÑO NUEVO BASTIDOR.

Una vez concluido el análisis de los antecedentes de la compañía, los requerimientos básicos de los clientes y los diferentes tipos de bastidores de Coservicios y otros fabricantes, se propone desarrollar una metodología, la cual se basa en la propuesta por Nigel Cross en su libro METODOS DE DISEÑO. Esta metodología consta de 4 pasos, los cuales requieren ciertas actividades que a su vez arrojan información de entrada para la etapa siguiente.

### 4.1 EXPLORACIÓN

La fase de *exploración* se refiere a todo el proceso desde que se conoce el problema (necesidad), pasando por una investigación (búsqueda de información) de los productos sustitutos, productos similares y todas las deseos y demandas que requiere el(los) usuario(s) final(es), para tener mas fuentes para la creación del PDS (definición de requerimientos) y así, acotar el diseño y continuar con la siguiente etapa.

#### 4.1.1 Clarificación de objetivos

En este punto se conocen las condiciones de la empresa y cuales son las necesidades frente al diseño del bastidor. Es importante, entonces, clarificar los objetivos que tiene el diseño de este nuevo producto. Estos objetivos o propósitos

del producto, constituyen “la mezcla de fines abstractos y concretos que el diseño debe tratar de satisfacer o alcanzar”<sup>23</sup>.

En el árbol de objetivos se expresan los propósitos del producto en orden jerárquico, de manera que si se lee de izquierda a derecha respondo la pregunta de cómo se puede lograr el objetivo de mayor nivel; si se lee de derecha a izquierda responde el por qué se incluye un objetivo de nivel inferior. Adicional a esto, los objetivos de nivel inferior pueden comunicarse con otros objetivos de manera que se puedan ver las relaciones y la importancia de ciertos objetivos

#### **4.1.2 Necesidades de los usuarios**

Después de conocer las condiciones básicas y propósitos del producto, se pasan a enumerar los principales usuarios a los cuales se dirige el producto y sus principales necesidades, las cuales son la base principal para la construcción del PDS. Así mismo, se pueden encontrar nuevas condiciones de diseño que no se tuvieron en cuenta anteriormente en el árbol de objetivos, las cuales se incluyen en el mismo.

#### **4.1.3 PDS**

Después de analizar toda la información anterior, se define el PDS que permitirá acotar el diseño del bastidor y no perder tiempo valioso en la etapa de generación, al concebir propuestas que finalmente no cumplan con lo requerido por la compañía.

---

<sup>23</sup> CROSS, NIGEL. METODOS DE DISEÑO: ESTRATEGIAS PARA EL DISEÑO DE PRODUCTOS. MEXICO: LIMUSA-NORIEGA EDITORES, 1999.

TEMA		REQUERIMIENTOS	D	d
SEGURIDAD	1	El factor de seguridad debe ser superior a 3	D	
	2	Las partes que conforman el sistema no deben tener aristas vivas		d
	3	El bastidor debe ser una estructura rígida que minimice las vibraciones	D	
	4	El bastidor debe contar con un sistema de detención de emergencia (paracaídas)	D	
	5	Todos los elementos deben estar apoyados, no colgados. En caso de ser necesario que estén colgados, se debe aumentar el factor de seguridad a un mínimo de 4.	D	
	6	El bastidor debe contar con un dispositivo para detectar el sobrecupo.	D	
LOGÍSTICA	7	Se deben utilizar 5 referencias de tornillos como máximo en los ensambles pernaos.		d
	8	Que la tornillería se arme en Kit's		d
	9	La mayoría de los materiales deben ser comprados a nivel nacional. (85%)	D	
	10	Idealmente utilizar los mismos materiales para fabricar todos los bastidores		d
	11	Evitar fabricaciones especiales por terceros.		d
	12	No más de 20 referencias de materia prima.		d
	13	Si se utilizan vigas, establecer equivalencias en sistema americano y europeo.	D	
	14	Cada pieza que conforma el bastidor debe ser manipulable como por una persona.	D	
	15	Los componentes importados deben ser obtenidos con los proveedores ya definidos dentro de la empresa.		d
	16	Los subensambles deben ser manipulables como máximo por 2 personas.	D	
	17	Las piezas pequeñas deben ser empacadas en kit's, marcadas y rotuladas.		d
	18	El almacén debe poder reasignar componentes de cada bastidor a otros pedidos de forma autónoma.		d

TEMA		REQUERIMIENTOS	D	d
CALIDAD Y CONFIABILIDAD	19	Las partes deben estar protegidas contra la corrosión a la intemperie	D	
	20	El sistema debe evitar que las vibraciones producidas por el funcionamiento del equipo, sean perceptibles por las personas y se transmitan a la cabina.	D	
	21	El bastidor debe expresar calidad del producto (que se vea rígido, estable, bien acabado; ejemplo Bastidor TCS).		d
	22	Debe soportar el accionamiento del paracaídas en condiciones normales, sin deformación permanente.	D	
MANTENIMIENTO	23	Debe permitir el intercambio de sub-ensambles en caso de averías.	D	
	24	Fácil intercambio de sub-ensambles.		d
	25	Fácil intercambio del bloque paracaídas y timonería.	D	
	26	Fácil ajuste de la rigidez y tensión del marco	D	
	27	Se debe facilitar el balanceo del chasis con cero carga	D	
	28	Se debe facilitar el ajuste del sistema de puertas con el soporte operador	D	
	29	Fácil reemplazo de deslizaderas y ajuste de la distancia entre guías (DG)	D	
	30	Fácil cambio de sensor de carga	D	
MANUFACTURA	31	Sólo ensamblar en planta, los elementos que afecten la seguridad.		d
	32	Debe fabricarse de materiales duraderos que no favorezcan la creación de polvo.(EN 81-1 apartado 6.3.1.1)	D	
	33	El bastidor debe poder ser fabricado con los procesos disponibles en la empresa (cizallado de lámina, punzonado, doblado, soldadura, pintura, taller)	D	
	34	Que las partes diseñadas sean modulares, de manera que puedan ser asignadas al final de la cadena productiva a un pedido en específico.		d
	35	Los componentes deben poder consolidarse en un listado de producción		d
	36	Todas las partes que se necesiten pintar con pintura electrostática en polvo deben tener como mínimo una perforación de 10mm de diámetro.	D	
	37	Los materiales utilizados deben ser los que dispone la empresa (láminas CR, láminas HR, ejes redondos y cuadrados, varilla, tubería redonda, perfiles estructurales...) y que estén contenidos en el kardex de la compañía.	D	
	38	No utilizar más de 3 calibres diferentes de láminas.		d

TEMA	REQUERIMIENTOS		D	d
	39	Pocas herramientas y procesos.		d
	40	Emplear materiales y recursos susceptibles de programación y/o automatización; es decir, que se pueda producir en serie		
	41	Utilizar pintura anticorrosiva o pintura de alta durabilidad y resistencia	D	
	42	Programación sencilla de producción		d
DESEMPEÑO	43	Resistir el peso de la cabina + carga completa sin deformación permanente.	D	
	44	Que el bastidor este provisto de un soporte para los operadores de diferentes aperturas		D
	45	Capacidad para utilizarse en equipos de 4 a 20 pasajeros. (350 – 1600 Kg.)	D	
	46	Que el centro de gravedad coincida con el punto de sujeción de las terminales de cable.		d
	47	El bastidor debe ser guiado	D	
	48	Los costos deben ser por lo menos iguales a los del bastidor progresivo (utilizado actualmente en la línea estándar). En su defecto que no sea 15% más costoso.	D	
	49	Debe ser fácil de ensamblar (menor o igual número de piezas, menor número de operaciones de composición y chequeo)		d
	50	Pueda ajustarse a las deslizaderas nacionales como a las importadas	D	
	51	Fácil estandarización de nuevos componentes		d

**Tabla 3: PDS bastidor**

## 4.2 GENERACIÓN

La fase de *generación* parte del PDS desarrollado en la etapa de exploración, para iniciar con los aspectos básicos del diseño (diseño conceptual), como la caja negra, la caja morfológica, etc. que ayudarán a seleccionar un concepto de la solución y posteriormente permitirá generar alternativas (generación de alternativas de solución), y finalmente validarlas con respecto al PDS y no perder el tiempo en la evaluación con alternativas que no sean viables. Esta etapa también puede comenzar a partir de una solución ya establecida, la cual debe ponerse a punto o rediseñarse según los requerimientos anteriormente definidos

(en este caso se inicia el diseño conceptual desde la caja morfológica, elaborada según el diseño existente).

#### **4.2.1 Diseño conceptual**

La primera etapa de la fase de generación parte del PDS, el cual proporciona toda la información de entrada que se necesita para el diseño; esta etapa corresponde al diseño conceptual donde se trata de clarificar las funciones esenciales que un tipo de solución debe satisfacer y no la solución misma. Luego de tener claridad de las funciones, se evalúan las posibles combinaciones de principios funcionales y así, se tiene más libertad para poder determinar una solución. Se parte de lo abstracto a lo concreto y se define cual es el mejor concepto solución. Este concepto será un esquema o un conjunto de principios funcionales para luego detallar su forma y geometría.

##### **4.2.1.1 Caja negra**

La caja negra representa la función principal de un sistema técnico (TS) y permite ver como esa función principal transforma las entradas en salidas del sistema. Permite, a su vez, delimitar el problema de diseño y el proceso que permite transformar las entradas del sistema, ya sean de materia, energía o información, en salidas. En la Ilustración 35: Flujos caja Negra se puede ver los tipos de flujos y su designación.



**Ilustración 35: Flujos caja Negra**

El bastidor tiene 2 funciones principales:

- Soportar la cabina aislándola de las vibraciones y ruidos producidos durante el funcionamiento del ascensor.
- Transmitir el movimiento originado por el motor, dirigido por los cables de tracción, hasta las terminales de cable.

Las entradas del sistema son las siguientes:

- Terminales de cable: A estas llegan los cables de tracción que comunican al carro (bastidor + cabina) y el contrapeso. Los cables deben llegar verticalmente para un correcto funcionamiento.
- Cabina+carga: la cabina es el habitáculo donde se transportan los pasajeros y/o la carga; la capacidad de ésta se denomina Q y para este caso el diseño debe soportar capacidades en un rango de 300 Kg.- 1600kg.
- Vibraciones: son las producidas por el funcionamiento normal del equipo; estas vibraciones pueden ser producidas por desalineación y des-balanceo principalmente.



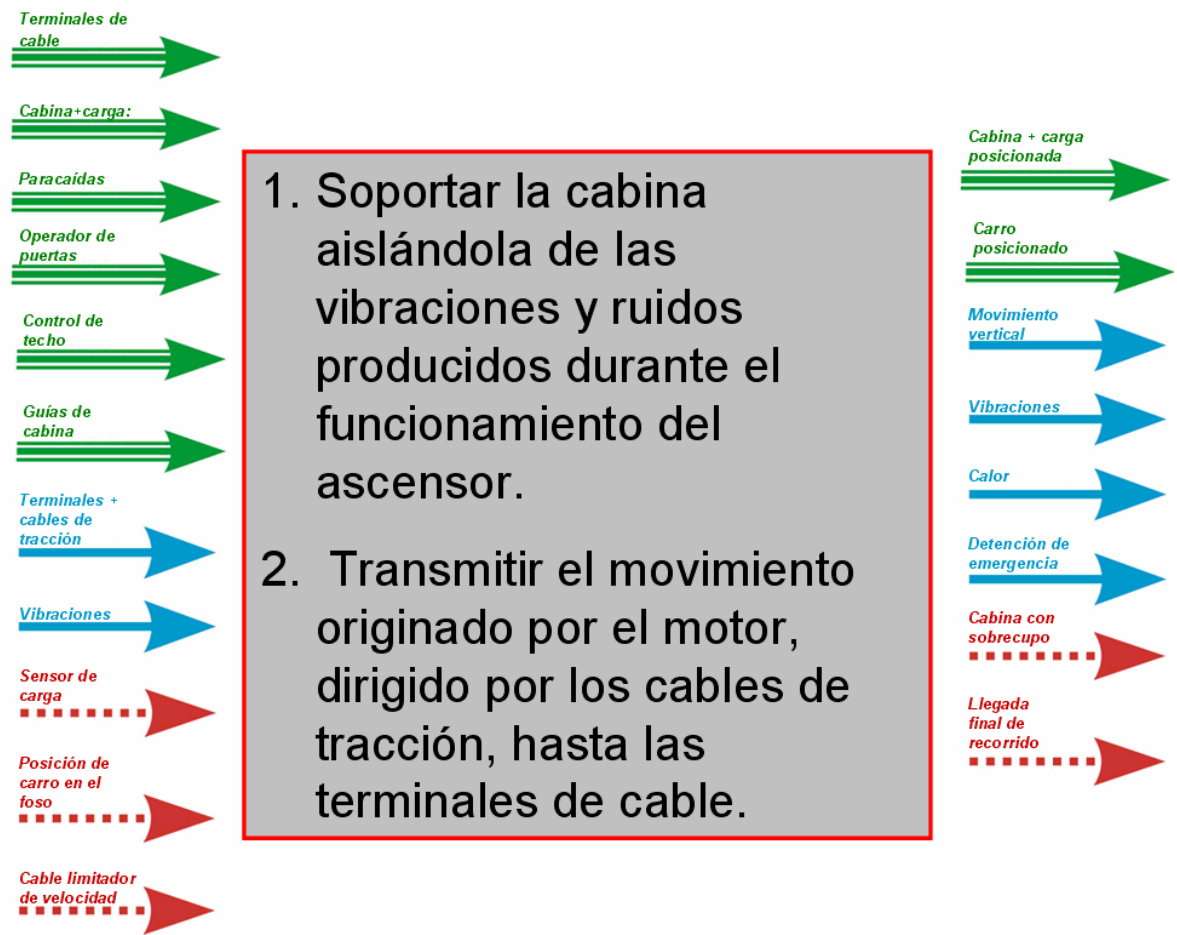
- Cable limitador de velocidad: Son los cables encargados de informar al limitador de velocidad cuando el carro se desplaza a una velocidad mayor a la permitida; al activarse el limitador, los cables activan el paracaídas y de esta manera detener el ascensor.
- Paracaídas: Sistema encargado de detener el carro en caso de sobre velocidad.
- Operador de puertas: Sistema encargado de abrir y cerrar las puertas de cabina.
- Sensor de carga: Este recibe información constante sobre la cantidad de carga que está ingresando a la cabina; cuando ésta sobrepasa el límite permitido el sistema se bloquea hasta volver a la capacidad nominal permitida.
- Posición de carro<sup>24</sup> en el foso: (leva límite de recorrido) indica cuando el carro se encuentra en los límites superior e inferior del recorrido.
- Control de techo: Control utilizado por el personal de mantenimiento para manobrar de manera controlada el equipo.
- Guías de cabina: permiten conservar el bastidor posicionado respecto al foso durante todo su recorrido.

Las salidas del sistema son las siguientes:

---

<sup>24</sup> Entiéndase carro como el conjunto compuesto por la cabina (incluyendo la carga) y el bastidor. En transporte vertical este conjunto se denomina P+Q donde P es el peso del carro (cabina + bastidor) y Q es la capacidad del ascensor.

- Cabina + carga posicionada: la cabina con su carga debe estar ubicada firmemente en el bastidor, y a su vez se debe permitirle ajuste de su posición respecto al centro del marco.
- Carro posicionado: El carro (P+Q) debe estar bien ubicado respecto al foso, para permitir su desplazamiento vertical.
- Movimiento vertical: El movimiento rotacional generado por la máquina es transmitido al bastidor por los cables y terminales transformado en movimiento vertical.
- Vibraciones: Vibraciones generadas por el funcionamiento del sistema.
- Detención de emergencia: Es la detención que se genera en caso de presentarse una sobre velocidad.
- Cabina con sobrecupo: Señal que indica al sistema cuando existe sobrecupo.
- Llegada final de recorrido: señal encargada de indicar cuando el ascensor ha llegado a los límites de su recorrido.



**Ilustración 36: Caja negra**

#### 4.2.1.2 Caja transparente

Después de definir cada una de las entradas, función (es) principal (es) y salidas del sistema, es necesario abrir la caja negra y definir como es el proceso de transformación de esas entradas; para esto se utiliza la caja transparente que muestra la interacción de cada uno de los flujos con las funciones secundarias, hasta llegar a cada una de las salidas.

En esta caja transparente (ver Ilustración 37: Caja Transparente) se puede ver todo el flujo desde que entra hasta que sale y por que funciones pasa. Esta subdivisión de funciones debe satisfacer la función principal.

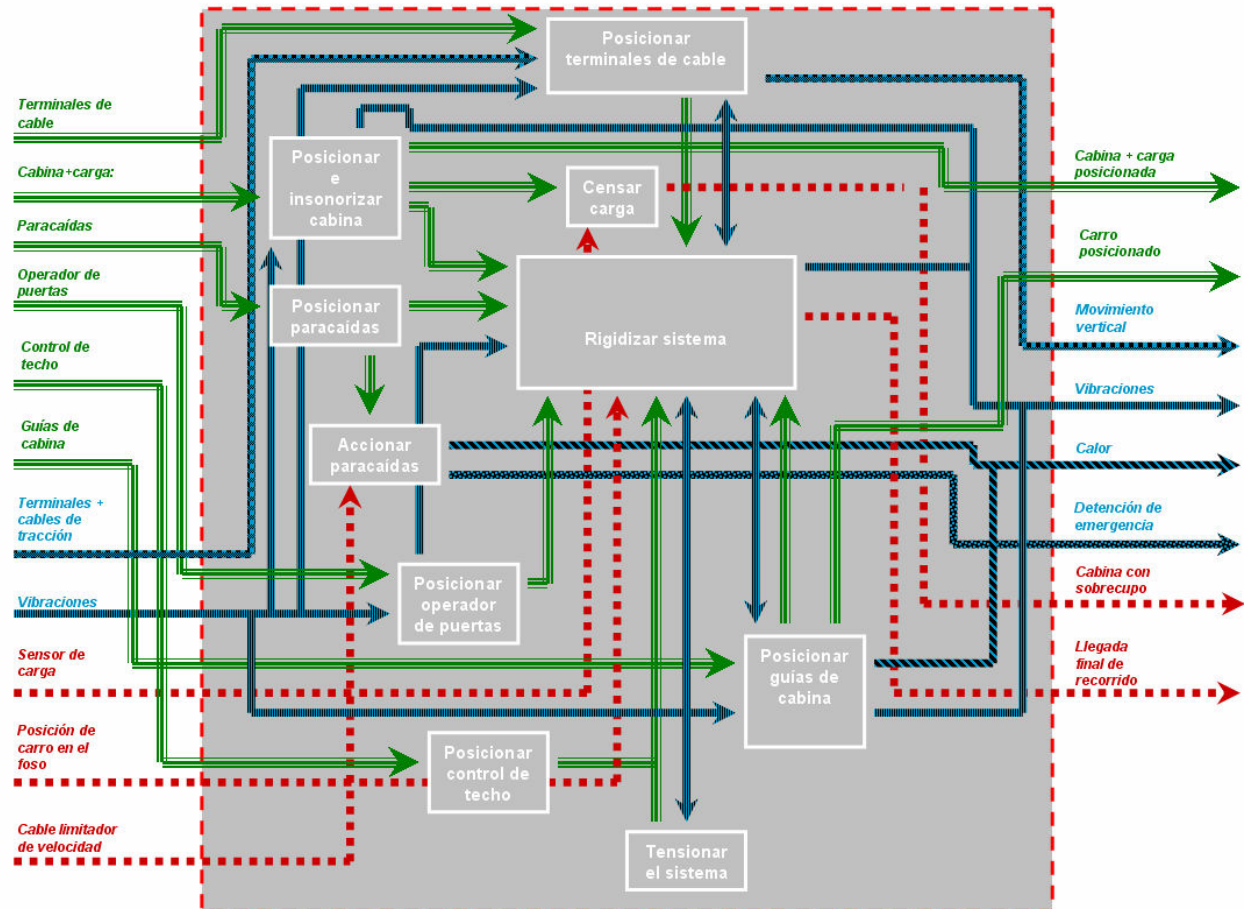


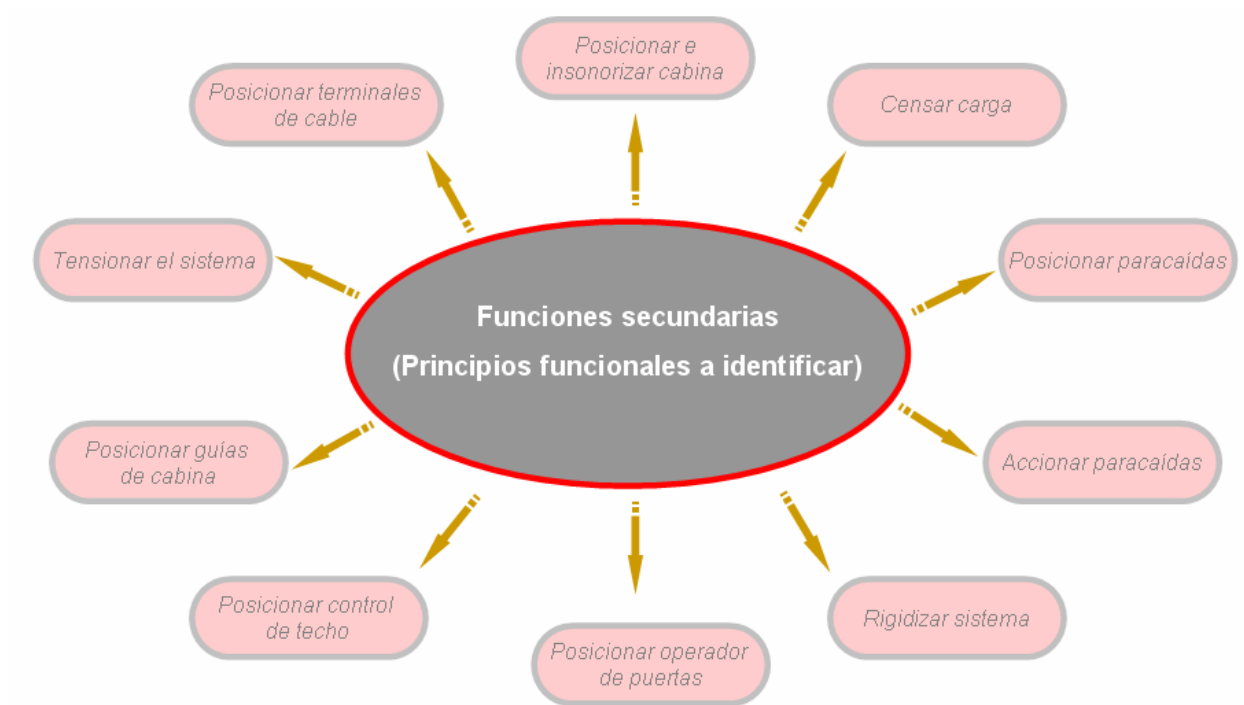
Ilustración 37: Caja Transparente

#### 4.2.2 Generación de alternativas

Ahora bien, teniendo definidas las sub funciones que transforman los flujos, se pasa a buscar principios funcionales que cumplan una o varias de ellas para posteriormente darle forma a las alternativas de solución.

#### 4.2.2.1 Definición de principios funcionales

A continuación se describen las funciones secundarias a las cuales se les definirán una o varias alternativas de portadores de función.



**Ilustración 38: Funciones secundarias**

Algunos de los principios funcionales descritos anteriormente ya están definidos previamente por el departamento técnico de la compañía, y deben ajustarse adecuadamente a las soluciones de diseño propuestas sin alterar su desempeño. Esos principios funcionales son los siguientes:

- **Censar carga:** El dispositivo encargado de censar la carga es un ítem importado utilizado en la línea estándar (ver Ilustración 15: Dispositivos de seguridad); su funcionamiento se describió anteriormente (ver Seguridad).

- **Accionar paracaídas:** El sistema de accionamiento del paracaídas se hace por medio del limitador de velocidad compuesto por un limitador parte alta, uno parte baja y un cable conectado al la timonearía, encargada directa de accionar el paracaídas. Su funcionamiento se describió anteriormente (1. Limitador parte alta o gobernador; 2. limitador parte baja; 3. puente bajo bastidor).

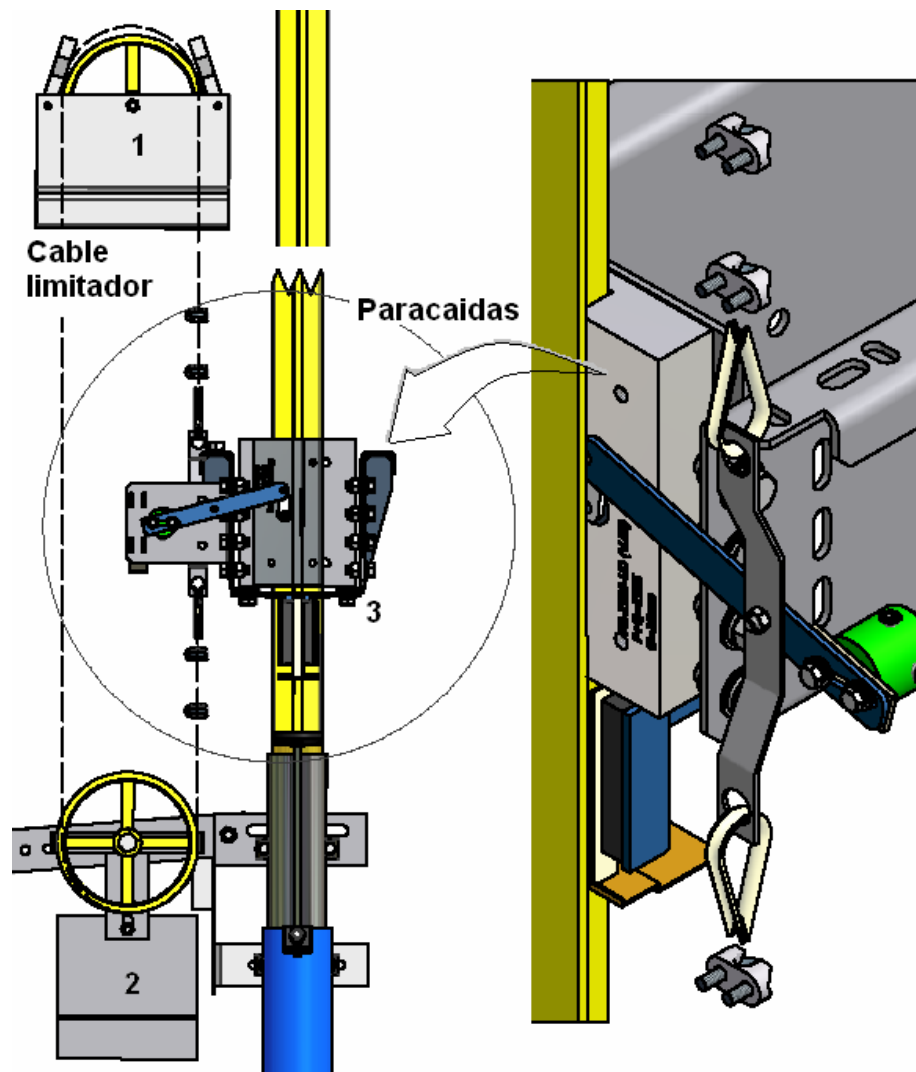
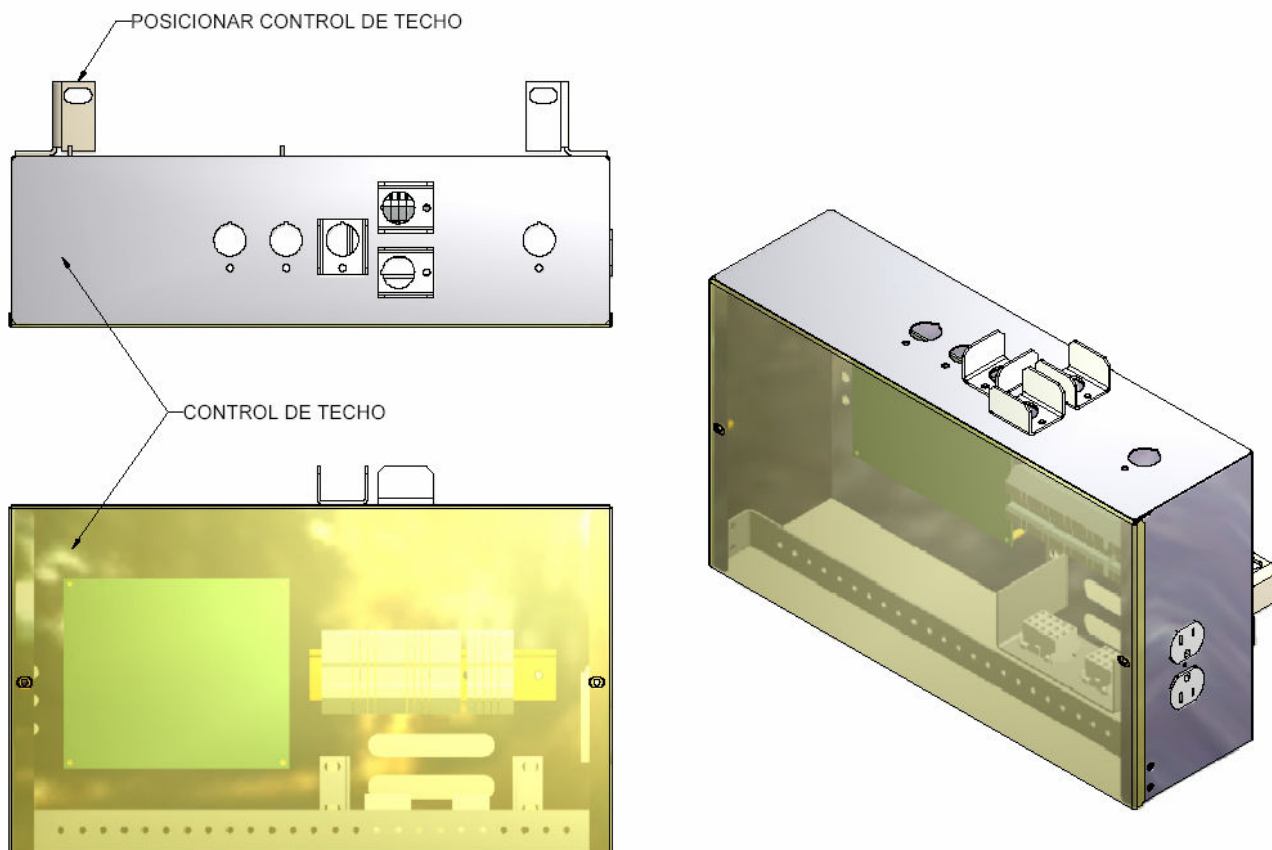


Ilustración 39: Sistema Limitador de velocidad

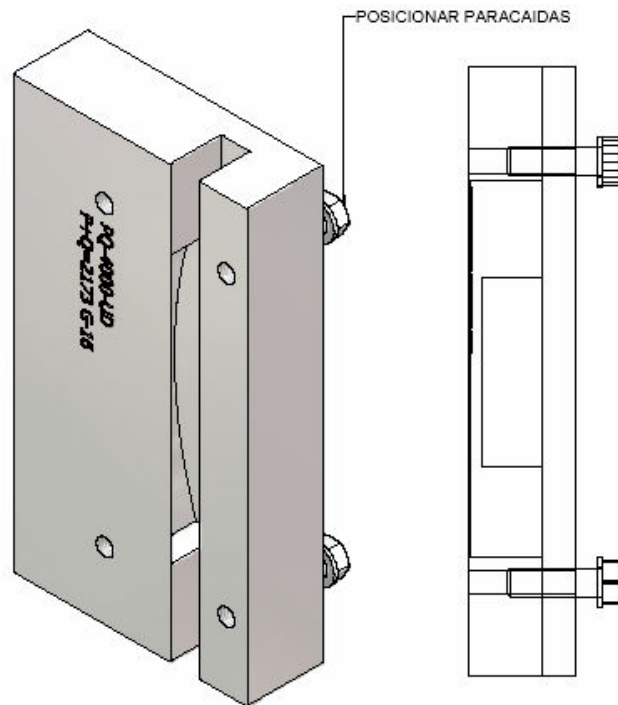
- **Posicionar control de techo:** El control de techo es el encargado de maniobrar el equipo de manera controlada, cuando éste se encuentra en mantenimiento. Su posicionamiento en le bastidor se hace por medio se un ensamble con tornillos, gracias a las platinas que posee.



**Ilustración 40: Control de techo**

- **Posicionar guías de cabina:** Esta función le corresponde a las deslizaderas (ver Ilustración 12: A Deslizadera lubricada. B. Roller Guide.; lo que debe definirse es la forma de ensamble y posicionamiento en el bastidor. El criterio que debe tenerse en cuenta para definir ésta pieza es que debe permitir el ajuste de la deslizadera en caso de ser necesario para cumplir con la DG (distancia entre guías).

- **Posicionar paracaídas:** El cumplimiento de esta función simplemente corresponde al lugar en donde se ubicará el bastidor, puesto que el ensamble del paracaídas se hace por medio de tornillería. Lo que se debe tener en cuenta para dicho punto de fijación es su resistencia mecánica a la fuerza que se genera en caso de una parada de emergencia.

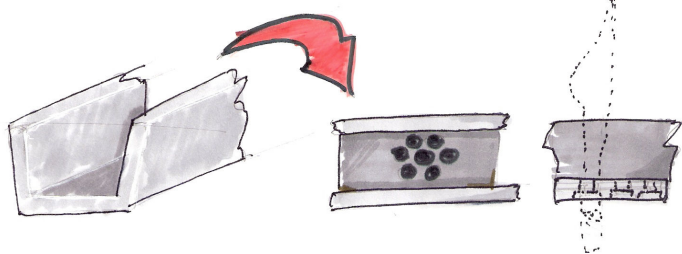
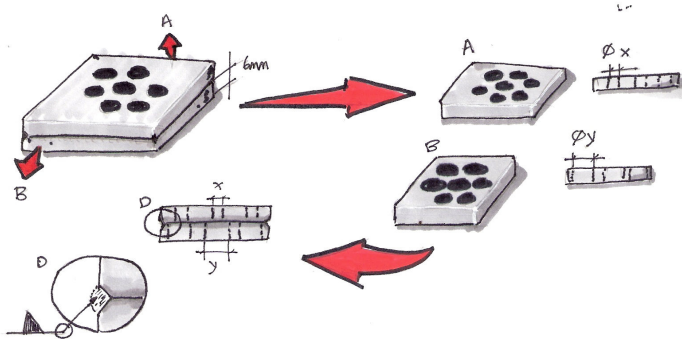
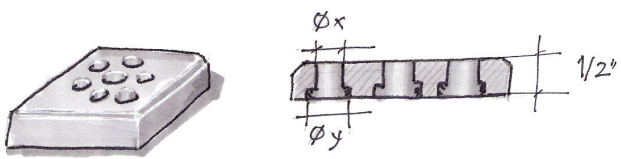


**Ilustración 41: Posicionar paracaídas**

A continuación se presentan las tablas con las diferentes propuestas para los principios funcionales restantes. Cabe anotar que en lo posible, las ideas que se planteen cumplan con los requerimientos de materiales y procesos de manufactura disponibles en la compañía.



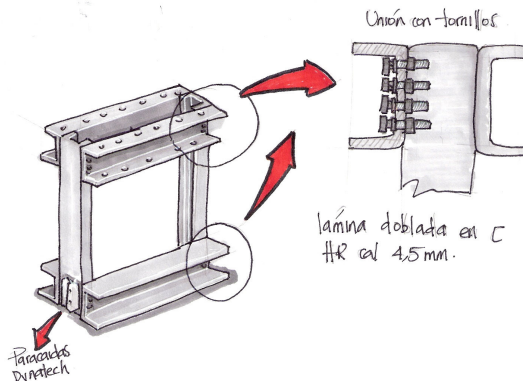
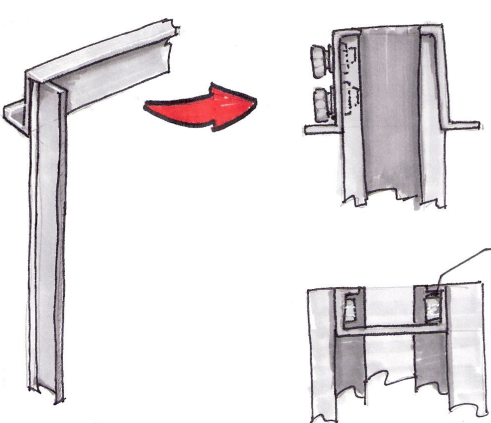
- **Posicionar terminales de cable:** Este componente debe ser de alta resistencia mecánica, puesto que soportará todo el peso del carro (cabina + bastidor), y debe ir sujeto al puente alto.

N.	DESCRIPCION	IMAGEN
1	Se utilizará una viga estructural en C, la cual posee una resistencia mecánica muy alta. Se maquina con las perforaciones para albergar entre 4 y 6 terminales de cable, que es la cantidad de cables que se utilizan normalmente. La pieza sería de mucho peso para su tamaño.	
2	La pieza consta de dos cuadros de lamina HR cal 6 mm punzonada con los diámetros de las perforaciones de modo que cace perfectamente al Terminal. Deben soldarse muy bien conservando la con centrividad entre perforaciones. El “sanduche” formado entre las dos láminas, le dan a la pieza la resistencia que requiere. El cordón de soldadura debe quedar muy bien y no debe pulirse en lo absoluto.	
3	En este caso se utilizará una platina de 1/2", mecanizada con las respectivas perforaciones; el maquinado garantiza que las perforaciones queden concéntricas y la resistencia mecánica vs. peso de la pieza cumplen con lo requerido.	

**Tabla 4: Posicionar terminales de cable. Alternativas de solución**

- **Rigidizar sistema:** básicamente este componente debe garantizar la estabilidad del sistema, debe permitir el ensamble con las piezas

adicionales y principios funcionales complementarios; su peso debe ser el menor posible sin atentar contra el desempeño.

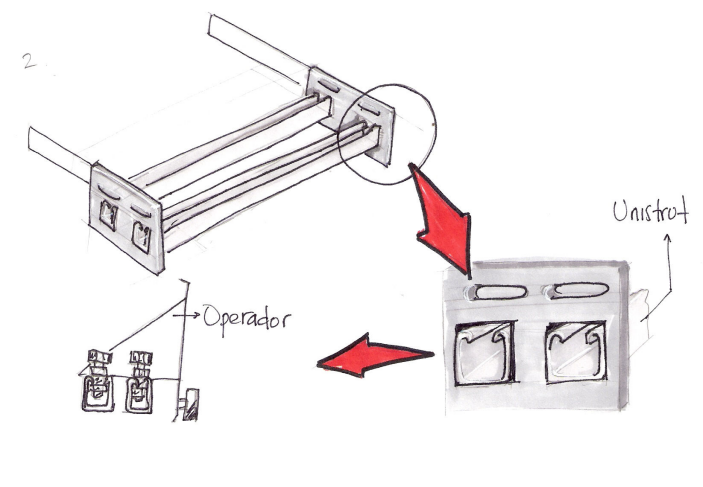
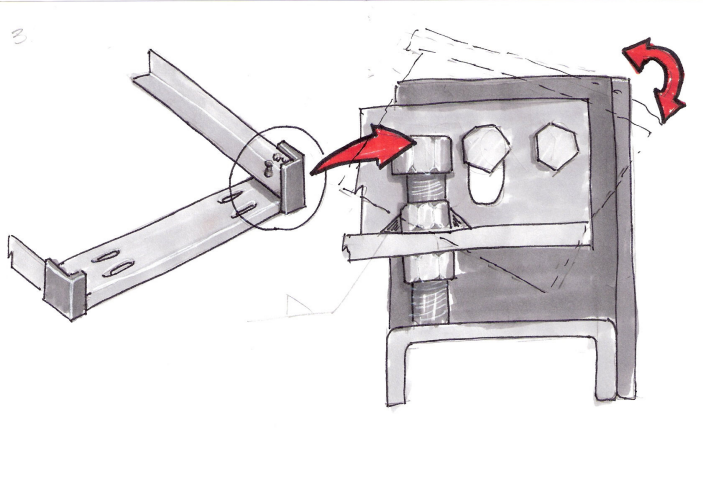
N.	DESCRIPCION	IMAGEN
1	<p>La pieza esta compuesta por laminas HR cal 6 mm dobladas en U para garantizar su rigidez y resistencia. Cada uno de los sub componentes está previamente punzonado con los agujeros necesarios para ensamblar los demás componentes. Consta básicamente de 2 piezas diferentes distribuidas así: 4 que conforman los puentes y 2 que conforman las tirantas. La unión puente tiranta se hace con tortillería G8, para tener la seguridad de que no falle.</p>	 <p>Unión en tornillos</p> <p>lámina doblada en C HR cal 4.5mm.</p> <p>Punzonado Dywidag</p>
2	<p>Para esta propuesta también se utiliza lámina doblada en 2 calibres diferentes (puentes 6 mm y tirantas 4.5 mm). La forma del puente permite una mayor rigidez y resistencia, además que da un tope, para posicionar adecuadamente la tiranta; la unión se hace igualmente con tornillería y para facilitararlo se suelda previamente la tuerca en las tirantas. Las piezas se punzonan previamente según sea necesario.</p>	 <p>Unión en tornillos</p> <p>Unión en tornillos</p> <p>Unión en tornillos</p> <p>4x Soldar tuerca.</p>

N.	DESCRIPCION	IMAGEN
3	<p>Aquí se utilizan perfiles estructurales comerciales (viga en C para los puentes y ángulo para las tirantas). La resistencia que proporciona este marco es muy confiable, pero su proceso de manufactura es más complejo y no permite la precisión y automatización que logra el punzonado. La unión entre piezas es con tortillería.</p>	

**Tabla 5: Rigidizar sistema. Alternativas de solución**

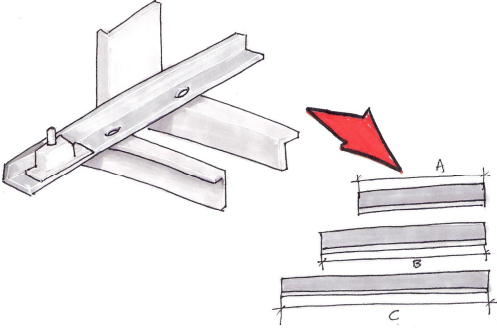
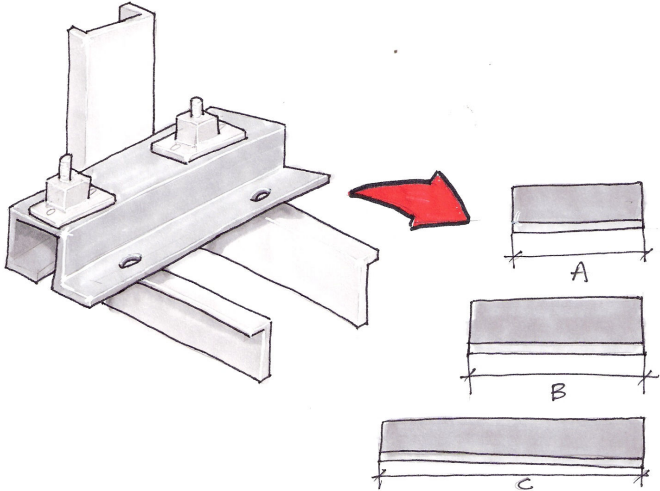
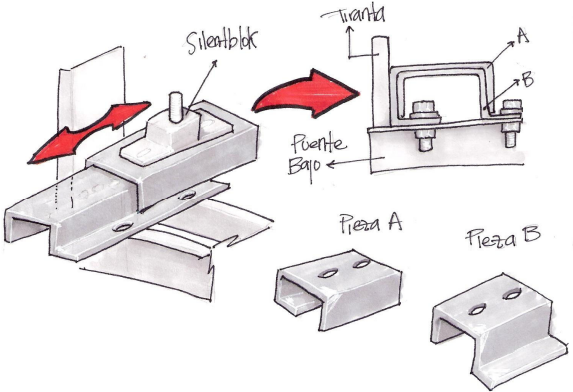
- **Posicionar operador de puertas:** Para este caso se requiere que la solución planteada pueda graduarse según sea necesario para nivelar correctamente el operador. En lo posible que sea graduable para abarcar la mayor cantidad de modelos y aperturas y cumplir con los requerimientos mecánicos.

N.	DESCRIPCION	IMAGEN
1	<p>La primera propuesta consta de un brazo compuesto por dos piezas en lámina metálica. La unión con el marco va en 6 mm y el soporte del operador en 4.5 mm. Las perforaciones alargadas en ambas piezas den un nivel de ajuste para 1-2 modelos diferentes. Unión con tortillería</p>	

N.	DESCRIPCION	IMAGEN
2	<p>Para este caso se utilizaría el mismo brazo de la propuesta anterior. Para el soporte del operador se utilizan los unistrut que se manejan en la línea estándar acoplador a una lámina con alargados que permiten al ajuste; esta unión permite adaptarse a la apertura que se necesite, pero al momento de la instalación final debe asegurarse con soldadura</p>	
3	<p>Finalmente en esta pieza se utilizan Angulo y lámina doblada. No puede graduarse según el modelo o la apertura pero el ajuste que puede dar es mas preciso, a parte que se gradúa en sentido vertical, un pivote hace que gire ajustando un tornillo. Unión entre piezas con tornillería.</p>	

**Tabla 6: Posicionar operador de puertas. Alternativas de solución**

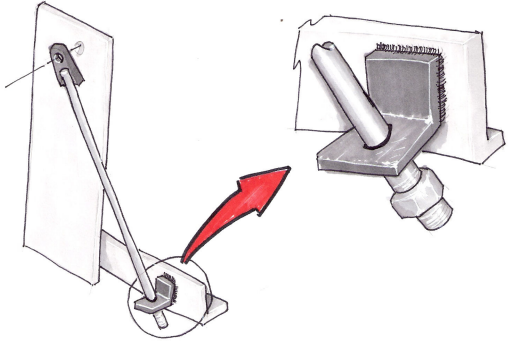
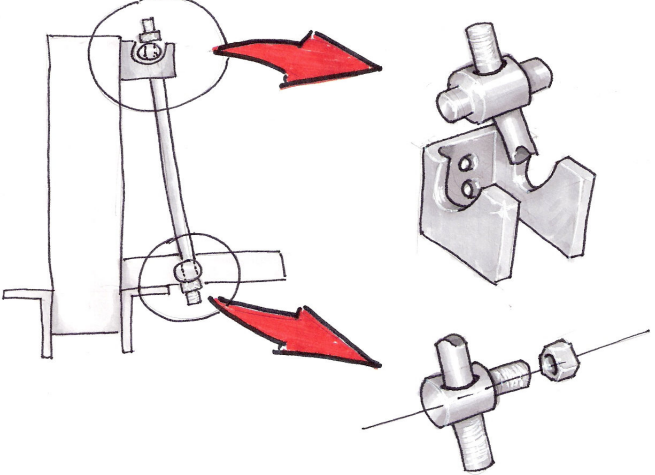
**Posicionar e insonorizar cabina:** Para este principio se busca básicamente que abarque la mayor cantidad de modelos sin necesidad de tener una pieza por cada uno, adicional a la rigidez y resistencia que debe tener.

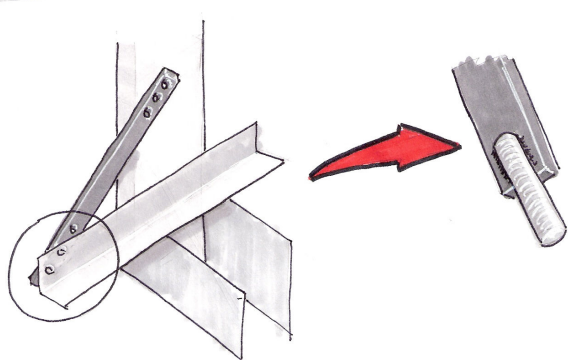
N.	DESCRIPCION	IMAGEN
1	<p>Para la fabricación de este componente existen dos opciones, la primera sería en ángulo comercial y la segunda en lámina HR 6 mm. Para este caso se necesitaría 1 pieza por modelo para poder acoplarse cada una a las dimensiones de éste y cumplir su función de posicionamiento e insonorización.</p>	
2	<p>Al igual que la anterior, se necesitaría 1 pieza por modelo. Aquí se obtiene una mayor rigidez en el componente fabricado en lámina 6mm además de su automatización por el proceso de punzonado.</p>	
3	<p>Finalmente esta es una variación de la anterior, que permite adaptarse a los diferentes fondos de cabina; el calibre de cada pieza es de 3 mm. El inconveniente que tiene esta opción es que los silentblocks de un lado deben calzarse para nivelarse con los otros.</p>	

**Tabla 7: Posicionar e insonorizar cabina. Alternativas de solución**

- **Tensionar sistema:** Para este caso se necesita que la alternativa solución permita graduar el grado de rigidez según sea necesario, adicional al la resistencia mecánica que se debe tener en cuenta.

1.

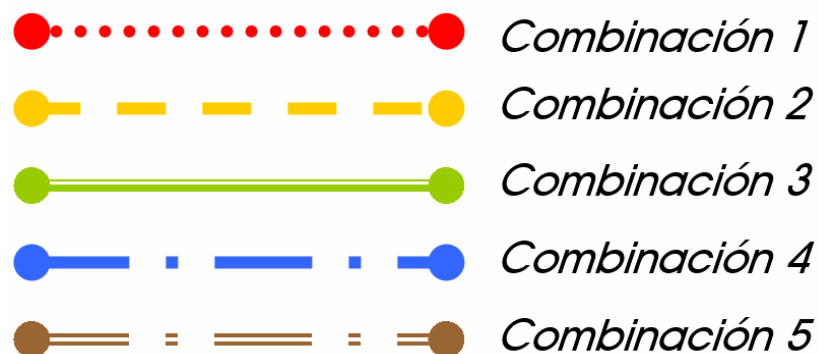
N.	DESCRIPCION	IMAGEN
1	<p>Esta alternativa consta de 3 piezas: a. eje roscado que permite la graduación de la rigidez y su diámetro le da la resistencia necesaria; b. Platina superior para ensamble con rigidizador de sistema; c. soporte inferior unido al posicionador de cabina.</p>	
2	<p>Aquí la solución se compone de 3 partes principales: a. soporte superior, b. tensor, c. soporte inferior. Permite la graduación de la rigidez en la parte superior e inferior</p>	

N.	DESCRIPCION	IMAGEN
3	Finalmente en este caso existen dos opciones: 1. tensor independiente fabricado en platina con perforaciones para graduación de rigidez; 2. mismo componente con un espárrago soldado en la parte inferior ensamblado de la misma manera como se muestra en la primera alternativa de solución.	

**Tabla 8: Tensionar sistema. Alternativas de solución**

#### 4.2.2.2 Combinación de principios funcionales

Luego de que se tienen los principios funcionales que satisfacen las funciones del sistema, se deben agrupar para poder construir un concepto de diseño. Hay que tener especial cuidado en no combinar dos principios funcionales incompatibles o que resultarían muy costosos para el producto; por ejemplo, si se selecciona un principio funcional que es hidráulico, los demás deben seleccionarse neumáticos o compatibles. La Ilustración 42: Tipos de combinaciones muestra las diferentes opciones que se seleccionaran.

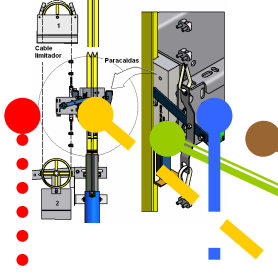
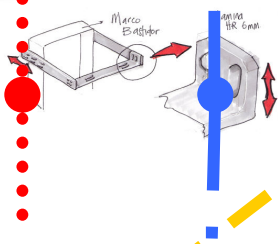
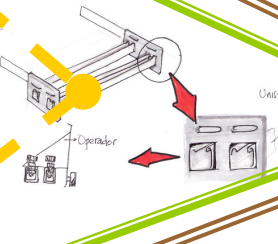
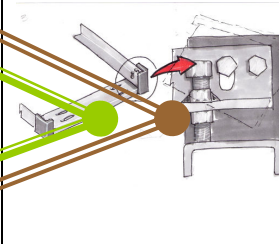
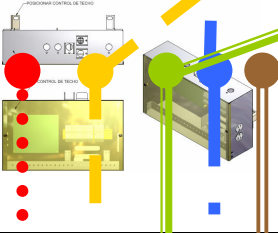
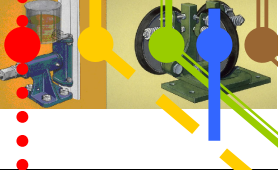
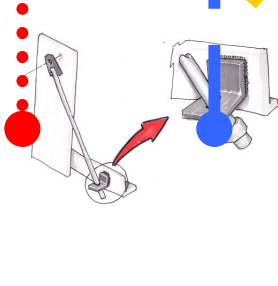
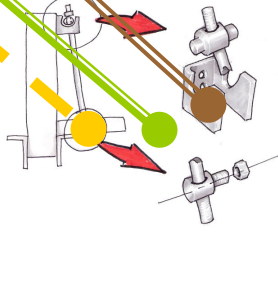
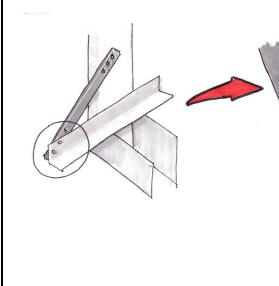


**Ilustración 42: Tipos de combinaciones**







Principios funcionales	1	2	3
Accionar paracaídas			
Posicionar operador de puertas			
Posicionar control de techo			
Posicionar guías de cabina			
Tensionar el sistema			

**Tabla 9: Matriz morfológica**

A continuación se mostraran los conceptos de producto donde se integran los principios de solución seleccionados, verificando la compatibilidad entre cada uno de ellos. Estos conceptos de producto son el resultado de la etapa de diseño

conceptual y pasarán ahora a la evaluación, para seleccionar la idea más viable según los criterios escogidos para tal fin.

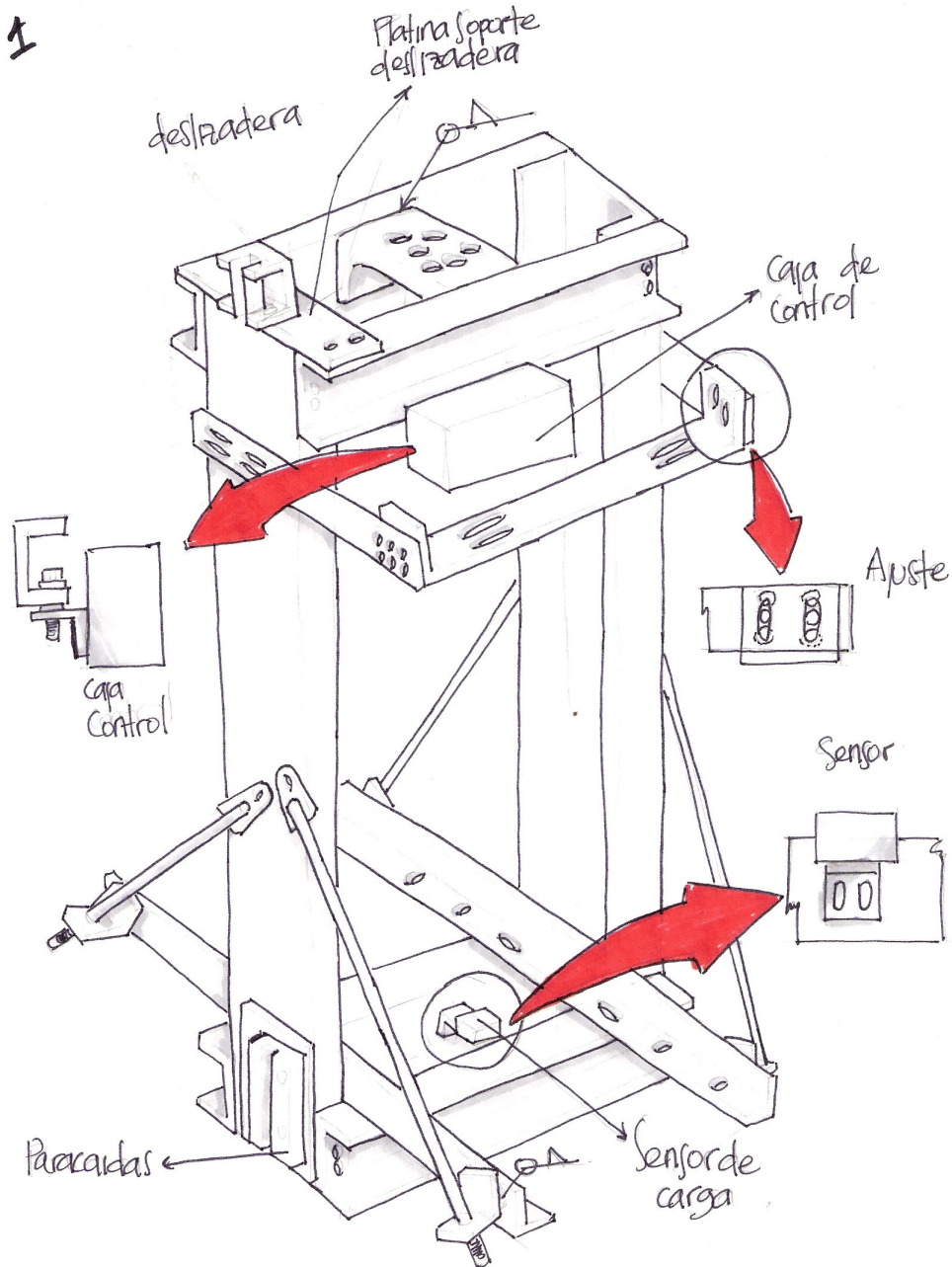


Ilustración 43: Combinación 1



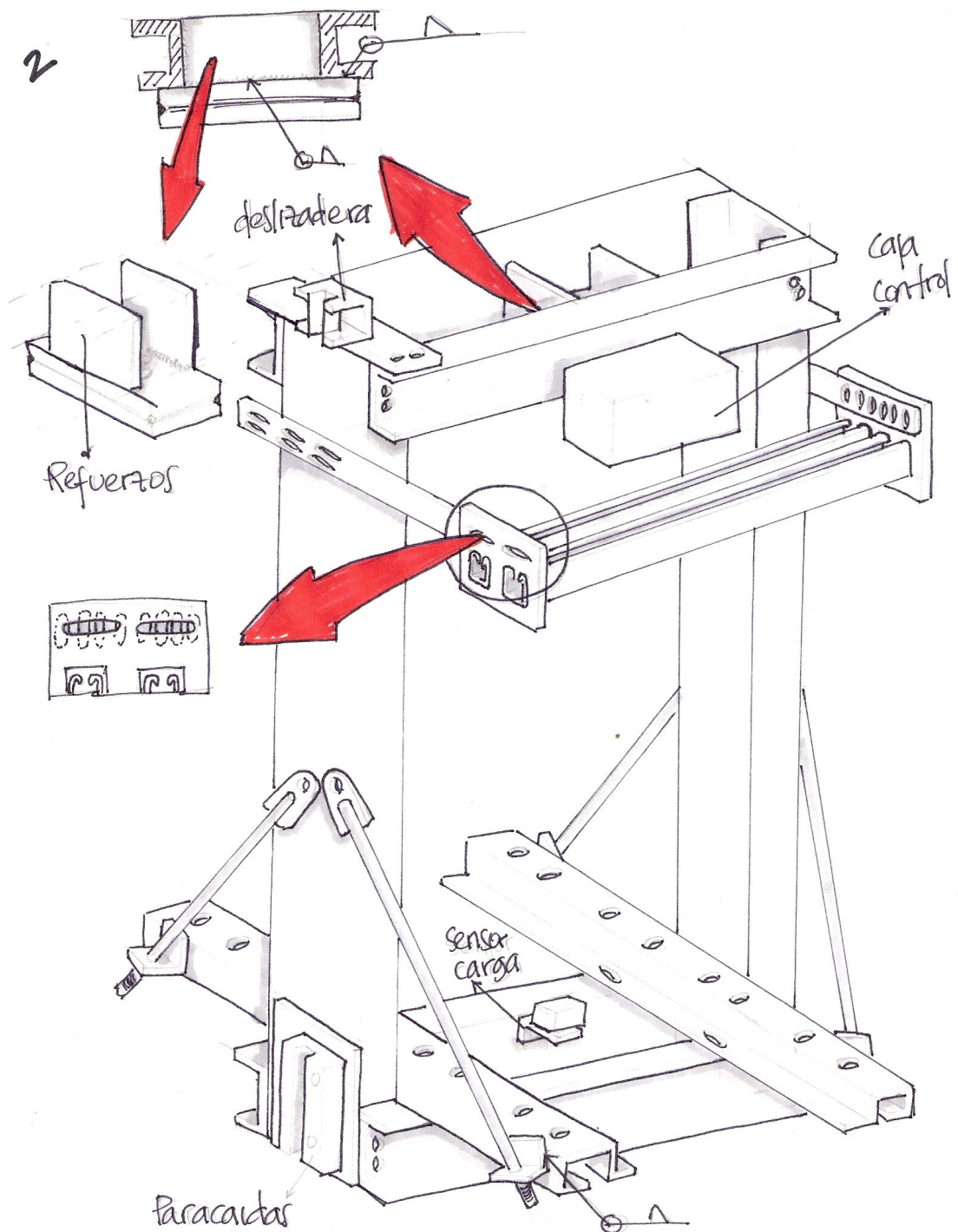


Ilustración 44: Combinación 2



3

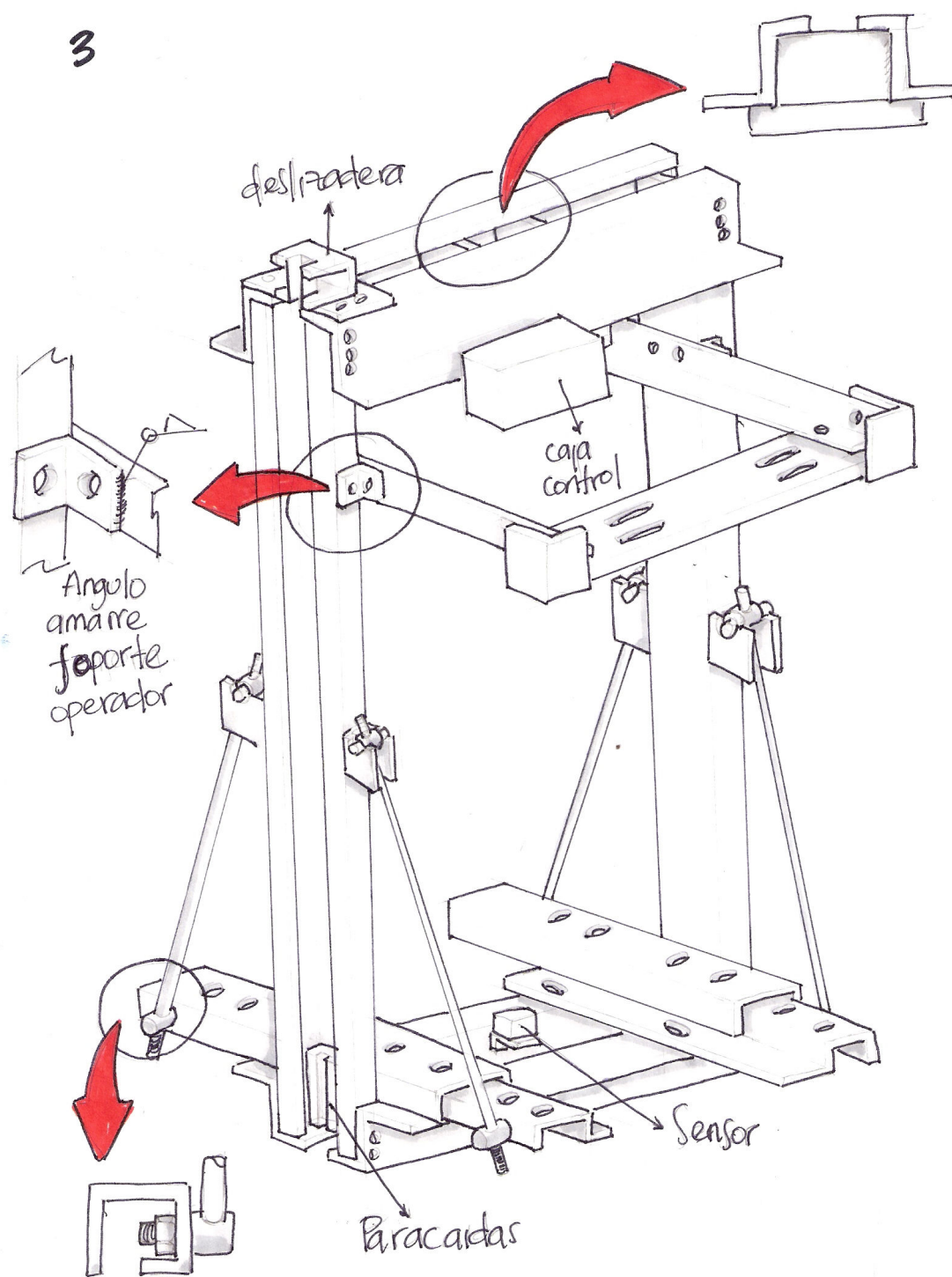


Ilustración 45: Combinación 3

4

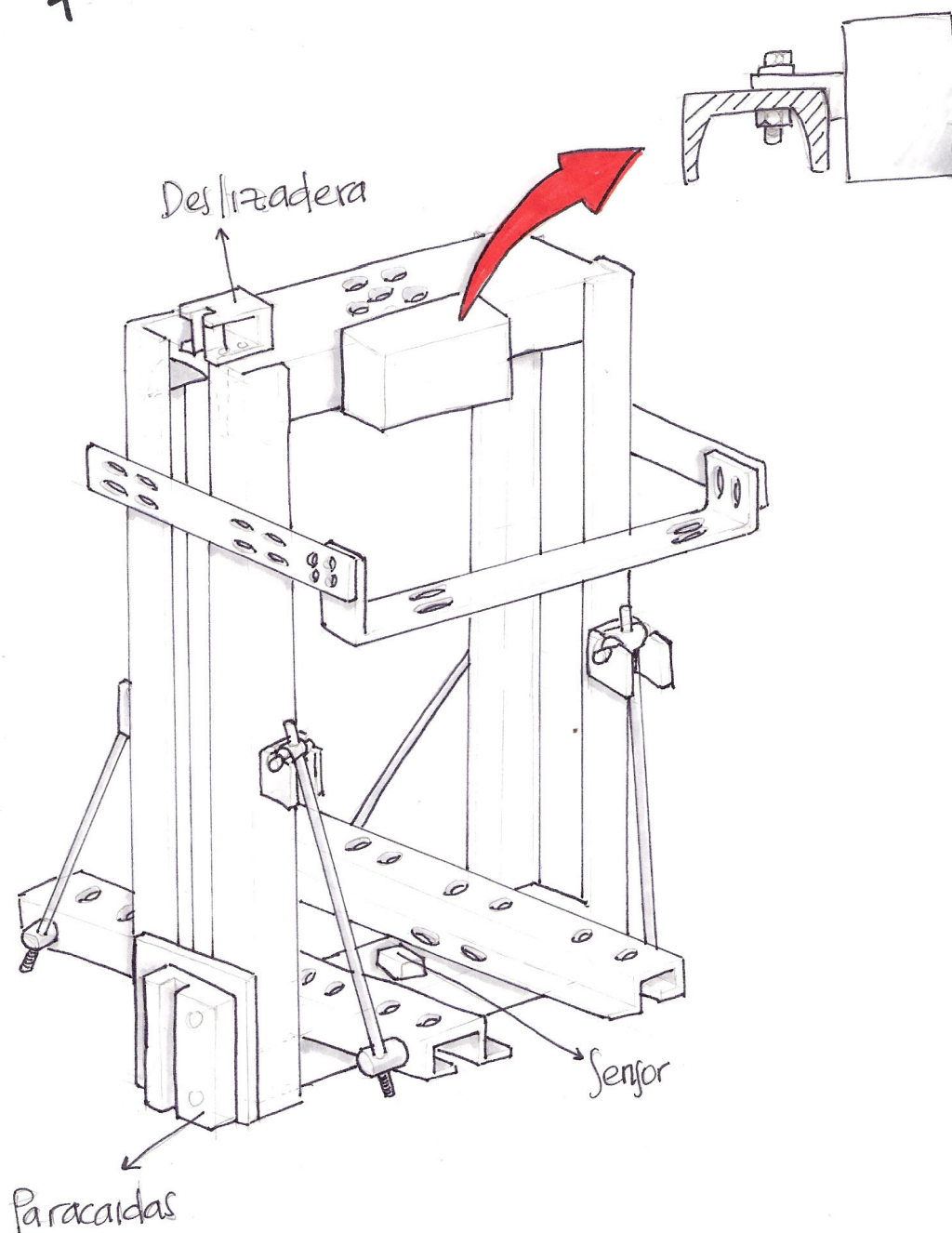


Ilustración 46: Combinación 4





5

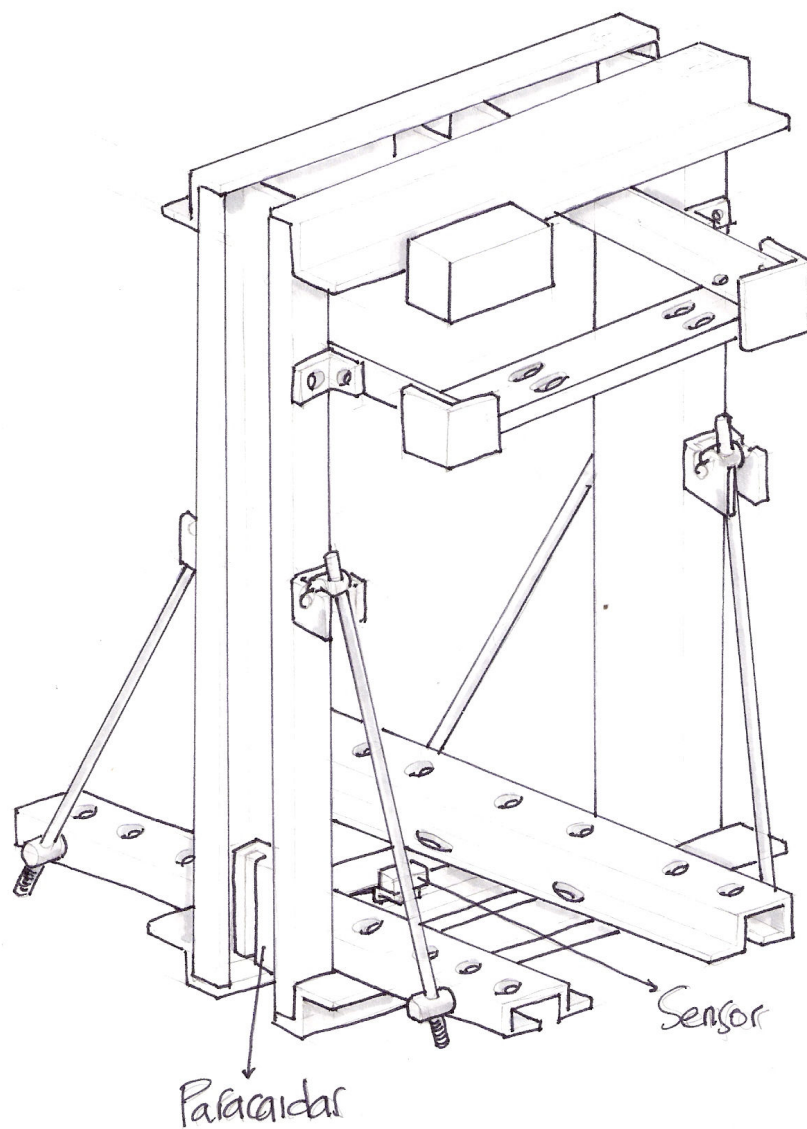


Ilustración 47: Combinación 5



### 4.3 EVALUACIÓN

Teniendo las alternativas de solución viables y que cumplan con lo estipulado en el PDS, se entra en la etapa de *evaluación*, que permite seleccionar una alternativa definitiva (evaluación y selección de alternativa), la cual se revisará y optimizará (diseño de detalle) y se evaluará por parte del usuario final para verificar que realmente se soluciona el problema planteado inicialmente, de lo contrario se harán las mejoras que sean necesarias.

Dentro de esta etapa se intentará llevar a cabo la fabricación, prueba y puesta a punto del prototipo de la alternativa solución, esto si el tiempo y la empresa lo permiten, aun cuando esto **no hace parte del alcance del proyecto**.

#### 4.3.1 Evaluación de alternativas

La evaluación de las alternativas podría hacerse de manera arbitraria, seleccionarla por la experiencia del diseñador, simplemente por simpatía con alguna de las propuestas anteriores o por requerimiento específico del cliente respecto a una de ellas. En este caso podría decirse que el cliente selecciona una de las propuesta, pero en base a criterios de evaluación tomados del los requerimientos de cada uno de los clientes (PDS). Estos criterios se presentarán en la matriz de evaluación; de ahí se seleccionaran las dos mejores propuestas y de éstas se seleccionará la mejor o se realizará una nueva propuesta conjugando los aspectos mas significativos de cada una, para finalmente pasar al diseño de detalle.

La matriz de evaluación que se utilizará es tomada de un proyecto desarrollado anteriormente, la cual tiene claramente identificados los criterios de evaluación relevantes para la compañía y encaja en el modelo de la metodología que se está

desarrollando.<sup>25</sup>; adicional a esto se hace un paralelo entre las necesidades mas importantes de la compañía y el PDS, para tomar los criterios de evaluación.

W= peso porcentual de cada criterio (de 100)

S= calificación de calidad de cada diseño (de 10)

U= utilidad (calificación ponderada) del diseño = W x S

	Criterio de diseño	Peso	Combinación 1		
		W	Observaciones	S	U
<b>A</b>	<b>FABRICACIÓN</b>	<b>30%</b>			
A.1	Susceptible automatización/programación	8%	La mayoría de los componentes son láminas programables para punzonado.	8	0,64
A.2	Facilidad de transporte	5%	Desarmable	8	0,4
A.3	Uillaje/herramientas requeridas	5%	En su ensamble se utilizan herramientas básicas (llave boca fija o rache)	8	0,4
A.4	Cambio de referencias a fabricar según tipo de modelo	8%	Existe cambio de piezas al cambiar la referencia del equipo	5	0,4
A.5	Cantidad de recursos solicitados	4%	Corte, soldadura, punzonado, perforado, torneado	8	0,32
<b>B</b>	<b>ENSAMBLE / INSTALACIÓN</b>	<b>25%</b>			
B.1	Facilidad de instalación/montaje	10%	Fácil de instalar (los sub ensambles pueden ser manipulados incluso por una persona)	8	0,8
B.2	Manipulación ( <i>handling</i> )	4%	Cada sub componente no excede el peso máximo requerido	7	0,28
B.3	Composición ( <i>composing</i> )	6%	Una sola configuración posible	6	0,36
B.4	Chequeo ( <i>checking</i> )	5%	La mayor parte se puede hacer visual. Necesita ser medido el soporte operador respecto a la cabina	8	0,4
<b>C</b>	<b>FACTOR ECONÓMICO</b>	<b>10%</b>			
C.1	Valor materia prima	10%	El 90% esta conformado por	8	0,8

<sup>25</sup> Tomado de ACEVEDO, M. "DISEÑO DE UNA BANCADA PARA ASCENSORES CON CUARTO DE MÁQUINAS PARA LA EMPRESA COSERVICIOS S.A.". (TRABAJO DE GRADO). MEDELLIN. UNIVERSIDAD EAFIT. FACULTAD DE INGENIERIA.2006



			lamina metálica de calibres gruesos		
<b>D</b>	<b>FACTOR ESTÉTICO</b>	<b>5%</b>			
D.1	Presentación del bastidor	5%	Rígido y estable	8	0,4
<b>E</b>	<b>DESEMPEÑO</b>	<b>30%</b>			
E.1	Pocos factores que afecten su funcionalidad	8%	Cambio de piezas para cada modelo varia las condiciones de desempeño	5	0.4
E.2	Posee soporte operador	6%		10	0.6
E.3	Posibilidad para utilizarse con modelos desde TL4-TL20	6%	Sirve para cualquiera de los modelos	6	0,36
E.4	Confiable	10%	Estable, ubicación de bloque paracaídas reforzado y seguro	8.5	0,85
	<b>Utilidad Global de la combinación</b>	<b>100%</b>			<b>7.41</b>

**Tabla 10: Matriz de evaluación A. Combinación 1**

W= peso porcentual de cada criterio (de 100)

S= calificación de calidad de cada diseño (de 10)

U= utilidad (calificación ponderada) del diseño = W x S

	Criterio de diseño	Peso	Combinación 2		
		W	Observaciones	S	U
<b>A</b>	<b>FABRICACIÓN</b>	<b>30%</b>			
A.1	Susceptible automatización/programación	8%	La mayoría de los componentes son láminas programables para punzonado.	8	0,64
A.2	Facilidad de transporte	5%	Desarmable	8	0,4
A.3	Uillaje/herramientas requeridas	5%	En su ensamble se utilizan herramientas básicas (llave boca fija o rache)	8	0,4
A.4	Cambio de referencias a fabricar según tipo de modelo	8%	Existe cambio de piezas al cambiar la referencia del equipo	6	0,48
A.5	Cantidad de recursos solicitados	4%	Corte, soldadura, punzonado, perforado, torneado	8	0,32
<b>B</b>	<b>ENSAMBLE / INSTALACIÓN</b>	<b>25%</b>			
B.1	Facilidad de instalación/montaje	10%	Fácil de instalar (los sub ensambles pueden ser manipulados incluso por una persona)	8	0.8
B.2	Manipulación ( <i>handling</i> )	4%	Cada sub componente no excede el peso máximo	8	0,32

			requerido		
B.3	Composición ( <i>composing</i> )	6%	Una sola configuración posible	7	0,42
B.4	Chequeo ( <i>checking</i> )	5%	La mayor parte se puede hacer visual. Necesita ser medido el soporte operador respecto a la cabina	6	0,3
<b>C</b>	<b>FACTOR ECONÓMICO</b>	<b>10%</b>			
C.1	Valor materia prima	10%	El 90% esta conformado por lamina metálica de calibres gruesos	7	0,7
<b>D</b>	<b>FACTOR ESTÉTICO</b>	<b>5%</b>			
D.1	Presentación del bastidor	5%	Rígido y estable (soporte operador no muy confiable)	6	0,3
<b>E</b>	<b>DESEMPEÑO</b>	<b>30%</b>			
E.1	Pocos factores que afecten su funcionalidad	8%	Cambio de piezas para cada modelo varia las condiciones de desempeño	7	0.56
E.2	Posee soporte operador	6%		7	0.42
E.3	Posibilidad para utilizarse con modelos desde TL4-TL20	6%	Sirve para cualquiera de los modelos	7	0,42
E.4	Confiable	10%	Estable, ubicación de bloque paracaídas reforzado y seguro	8	0,8
	<b>Utilidad Global de la combinación</b>	<b>100%</b>			<b>7.28</b>

**Tabla 11: Matriz de evaluación B. Combinación 2**

W= peso porcentual de cada criterio (de 100)

S= calificación de calidad de cada diseño (de 10)

U= utilidad (calificación ponderada) del diseño = W x S

	Criterio de diseño	Peso	Combinación 3		
		W	Observaciones	S	U
<b>A</b>	<b>FABRICACIÓN</b>	<b>30%</b>			
A.1	Susceptible automatización/programación	8%	La mayoría de los componentes son láminas programables para punzonado.	7	0,56
A.2	Facilidad de transporte	5%	Desarmable	9	0,45
A.3	Uillaje/herramientas requeridas	5%	En su ensamble se utilizan herramientas básicas (llave boca fija o rache)	8	0,4

A.4	Cambio de referencias a fabricar según tipo de modelo	8%	Se utilizan 4 piezas diferentes para todos los modelos (manejo de rangos)	10	0,8
A.5	Cantidad de recursos solicitados	4%	Corte, soldadura, punzonado, perforado, torneado	7	0,28
<b>B</b>	<b>ENSAMBLE / INSTALACIÓN</b>	<b>25%</b>			
B.1	Facilidad de instalación/montaje	10%	Fácil de instalar (los sub ensambles pueden ser manipulados incluso por una persona)	9	0.9
B.2	Manipulación ( <i>handling</i> )	4%	Cada subcomponente no excede el peso máximo requerido	8	0,32
B.3	Composición ( <i>composing</i> )	6%	Varias configuraciones posibles	9	0,54
B.4	Chequeo ( <i>checking</i> )	5%	La mayor parte se puede hacer visual. Necesita ser medido el soporte operador respecto a la cabina	8	0,4
<b>C</b>	<b>FACTOR ECONÓMICO</b>	<b>10%</b>			
C.1	Valor materia prima	10%	El 90% esta conformado por lamina metálica de calibres gruesos	7	0,7
<b>D</b>	<b>FACTOR ESTÉTICO</b>	<b>5%</b>			
D.1	Presentación del bastidor	5%	Rígido y estable	8	0,4
<b>E</b>	<b>DESEMPEÑO</b>	<b>30%</b>			
E.1	Pocos factores que afecten su funcionalidad	8%	Poco cambio en las piezas para el cambio de referencias (facilita la puesta a punto)	9	0.72
E.2	Posee soporte operador	6%		8	0.48
E.3	Posibilidad para utilizarse con modelos desde TL4-TL20	6%	Sirve para cualquiera de los modelos	9	0,54
E.4	Confiable	10%	Estable, ubicación de bloque paracaídas reforzado y seguro	8	0,8
	<b>Utilidad Global de la combinación</b>	<b>100%</b>			<b>8.29</b>

**Tabla 12: Matriz de evaluación C. Combinación 3**

W= peso porcentual de cada criterio (de 100)

S= calificación de calidad de cada diseño (de 10)

U= utilidad (calificación ponderada) del diseño = W x S

	Criterio de diseño	Peso	Combinación 4		
		W	Observaciones	S	U
<b>A</b>	<b>FABRICACIÓN</b>	<b>30%</b>			

A.1	Susceptible automatización/programación	8%	La mayoría de componentes son perfiles comerciales	5	0,4
A.2	Facilidad de transporte	5%	El marco principal es poco versátil	5	0,25
A.3	Uillaje/herramientas requeridas	5%	En su ensamble se utilizan herramientas básicas (llave boca fija o rache)	8	0,4
A.4	Cambio de referencias a fabricar según tipo de modelo	8%	Existe cambio de piezas al cambiar la referencia del equipo	7	0,56
A.5	Cantidad de recursos solicitados	4%	Corte, soldadura, punzonado, perforado, torneado	6	0,24
<b>B</b>	<b>ENSAMBLE / INSTALACIÓN</b>	<b>25%</b>			
B.1	Facilidad de instalación/montaje	10%	Puede dificultarse un poco la instalación por el peso de los componentes.	6	0.6
B.2	Manipulación ( <i>handling</i> )	4%	Cada sub componente no excede el peso máximo requerido	6	0,24
B.3	Composición ( <i>composing</i> )	6%	Varias configuraciones posibles	7	0,42
B.4	Chequeo ( <i>checking</i> )	5%	La mayor parte se puede hacer visual. Necesita ser medido el soporte operador respecto a la cabina	8	0,4
<b>C</b>	<b>FACTOR ECONÓMICO</b>	<b>10%</b>			
C.1	Valor materia prima	10%	Perfilaría comercial	7	0,7
<b>D</b>	<b>FACTOR ESTÉTICO</b>	<b>5%</b>			
D.1	Presentación del bastidor	5%	Rígido y estable	7	0,35
<b>E</b>	<b>DESEMPEÑO</b>	<b>30%</b>			
E.1	Pocos factores que afecten su funcionalidad	8%	Cambio de piezas para cada modelo varia las condiciones de desempeño	7	0.56
E.2	Posee soporte operador	6%		7	0.42
E.3	Posibilidad para utilizarse con modelos desde TL4-TL20	6%	Sirve para cualquiera de los modelos	7	0,42
E.4	Confiable	10%	Estable, ubicación de bloque paracaídas reforzado y seguro	7	0,7
	<b>Utilidad Global de la combinación</b>	<b>100%</b>			<b>6.66</b>

**Tabla 13: Matriz de evaluación D. Combinación 4**

W= peso porcentual de cada criterio (de 100)

S= calificación de calidad de cada diseño (de 10)






U= utilidad (calificación ponderada) del diseño = W x S

	Criterio de diseño	Peso	Combinación 5		
		W	Observaciones	S	U
<b>A</b>	<b>FABRICACIÓN</b>	<b>30%</b>			
A.1	Susceptible automatización/programación	8%	La mayoría de los componentes son láminas programables para punzonado.	8	0,64
A.2	Facilidad de transporte	5%	Desarmable	8	0,4
A.3	Uillaje/herramientas requeridas	5%	En su ensamble se utilizan herramientas básicas (llave boca fija o rache)	8	0,4
A.4	Cambio de referencias a fabricar según tipo de modelo	8%	Existe cambio de piezas al cambiar la referencia del equipo	7	0,56
A.5	Cantidad de recursos solicitados	4%	Corte, soldadura, punzonado, perforado, torneado	8	0,32
<b>B</b>	<b>ENSAMBLE / INSTALACIÓN</b>	<b>25%</b>			
B.1	Facilidad de instalación/montaje	10%	Fácil de instalar (los sub ensambles pueden ser manipulados incluso por una persona)	8	0,8
B.2	Manipulación ( <i>handling</i> )	4%	Cada sub componente no excede el peso máximo requerido	8	0,32
B.3	Composición ( <i>composing</i> )	6%	Varias configuraciones posibles	7	0,42
B.4	Chequeo ( <i>checking</i> )	5%	La mayor parte se puede hacer visual. Necesita ser medido el soporte operador respecto a la cabina	8	0,4
<b>C</b>	<b>FACTOR ECONÓMICO</b>	<b>10%</b>			
C.1	Valor materia prima	10%	El 90% esta conformado por lamina metálica de calibres gruesos	8	0,8
<b>D</b>	<b>FACTOR ESTÉTICO</b>	<b>5%</b>			
D.1	Presentación del bastidor	5%	Rígido y estable	9	0,45
<b>E</b>	<b>DESEMPEÑO</b>	<b>30%</b>			
E.1	Pocos factores que afecten su funcionalidad	8%	Cambio de piezas para cada modelo varia las condiciones de desempeño	7	0,56

E.2	Posee soporte operador	6%		9	0.54
E.3	Posibilidad para utilizarse con modelos desde TL4-TL20	6%	Sirve para cualquiera de los modelos	7	0,42
E.4	Confiable	10%	Estable, ubicación de bloque paracaídas reforzado y seguro	8	0,8
	<b>Utilidad Global de la combinación</b>	<b>100%</b>			<b>7.83</b>

**Tabla 14: Matriz de evaluación E. Combinación 5**

A continuación se muestra una tabla resumen donde puede apreciarse fácilmente la mejor combinación; ésta será el punto de partida para iniciar la fase de diseño de detalle en la cual se dan los “toques finales” para dar por concluido el diseño del bastidor.

COMBINACION	PUNTAJE
COMBINACION 1 	<b>7.41</b>
COMBINACION 2 	<b>7.28</b>
COMBINACION 3 	<b>8.29</b>
COMBINACION 4 	<b>6.66</b>
COMBINACION 5 	<b>7.83</b>

**Ilustración 48: Resultados finales de la evaluación**

### 4.3.2 Diseño de detalle

Es esta fase de la etapa de evaluación, se le dan los detalles finales a la propuesta elegida, según los resultados de la matriz de evaluación (a partir de este momento se llamará BASTIDOR SOB<sup>26</sup> a la combinación ganadora); se realizan los cálculos necesarios y la puesta a punto de cada uno de los elementos que conforman el bastidor y finalmente se da a conocer la solución final a los clientes, para que hagan un *feedback* de la propuesta y realizar los cambios que sean definidos. De igual manera pueden retomarse las demás combinaciones y tener en cuenta las características que puedan beneficiar el resultado final.

#### 4.3.2.1 Cálculos

Los cálculos tenidos en cuenta para el diseño detallado de cada uno de los componentes, hace parte del *know how* de la compañía y no serán mostrados en el siguientes trabajo, además de que el departamento de ingeniería no considera necesaria esta información para los objetivos de este proyecto. En caso de requerir dicha información se debe solicitar personalmente al departamento.

Para los elementos de mayor criticidad, y que requirieron de análisis CAE, se presentaran los resultados y los resúmenes arrojados por los software utilizados.

#### 4.3.2.2 Marco

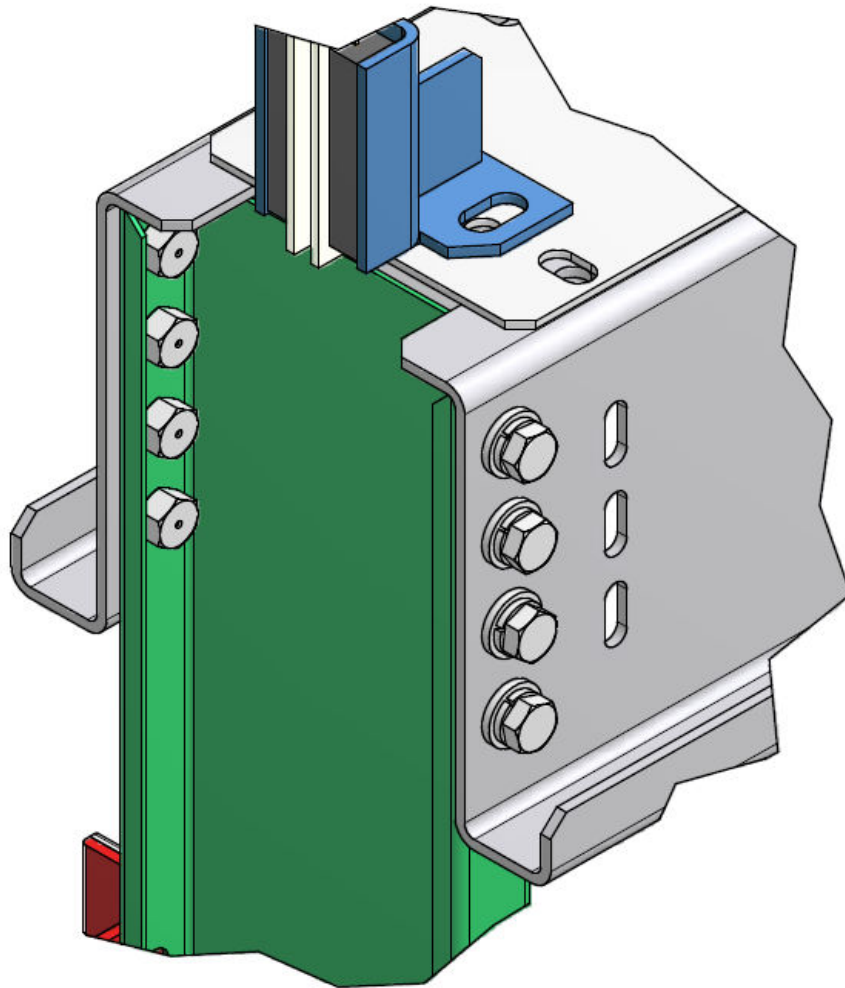
Inicialmente se debe definir el tipo de fijación que se utilizará para unir los componentes del marco (puente alto, puente bajo y tirantas). Retomando los criterios tenidos en cuenta en la clarificación de objetivos (ver árbol de objetivos),

---

<sup>26</sup> SOB: Soporte Operador Bastidor

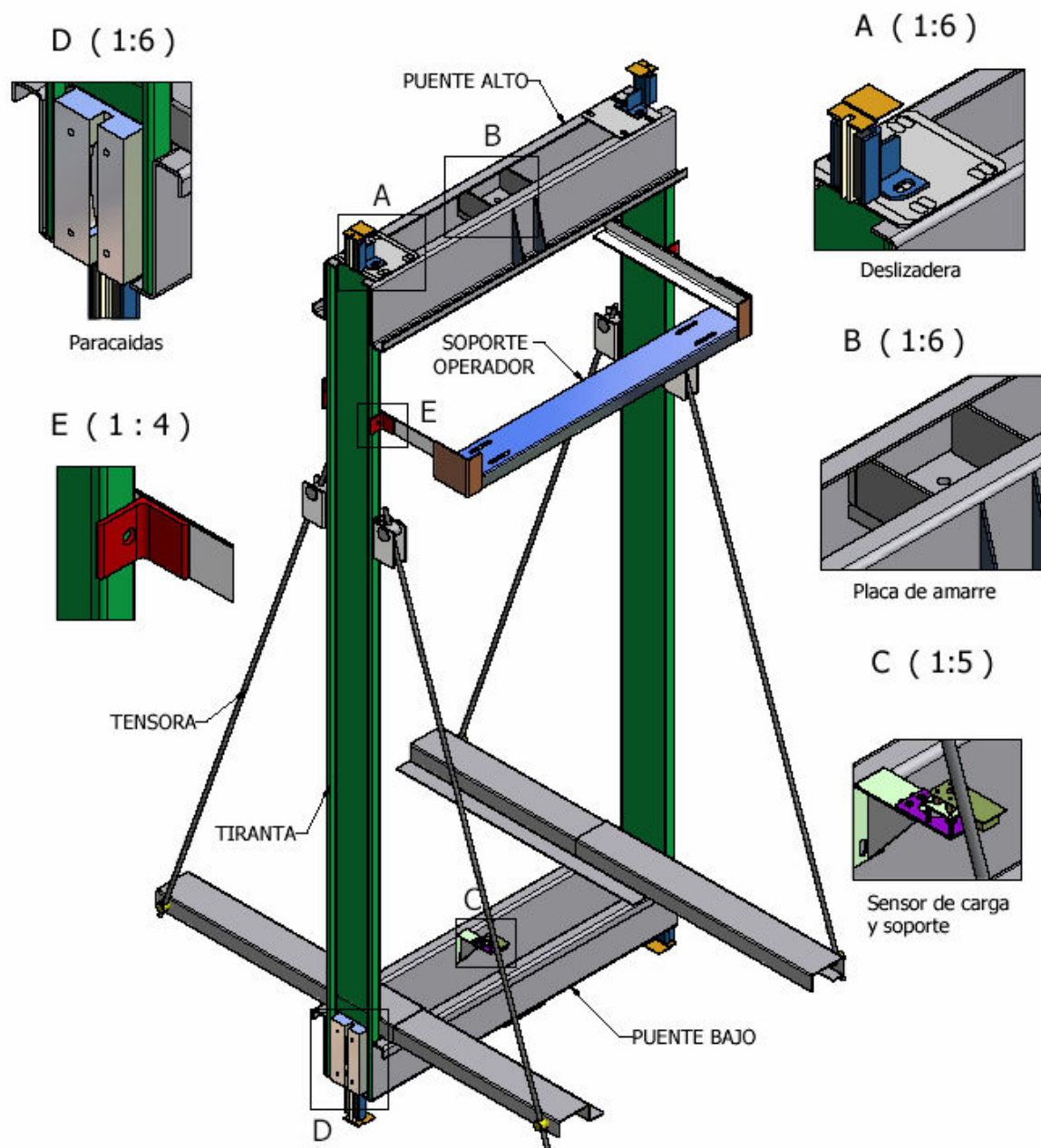
se necesita que las uniones permitan el ajuste y el intercambio de piezas en caso de averías; por consiguiente se utilizarán ensambles con tornillería de alta resistencia (G8) para ensamblar los puentes con las tirantas; estos tipos de uniones se toman como referencia del diseño analizado del bastidor TCS (ver Bastidor TCS). Cabe anotar que las piezas y elementos de ensamble que constituyen el bastidor deben diseñarse con un factor de seguridad por encima de 3 que es lo exigido por la normativa internacional.

A ( 1:2 )



**Ilustración 49: Detalle ensamble entre puentes y tirantas**

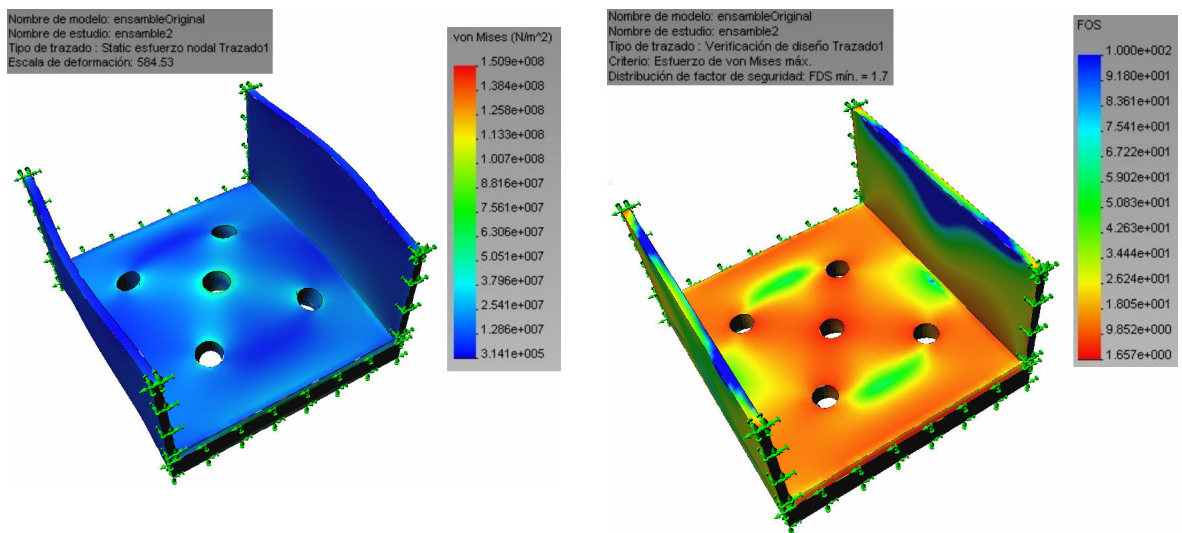




**Ilustración 50: Modelación básica bastidor SOB**

#### 4.3.2.2.1 Puentes

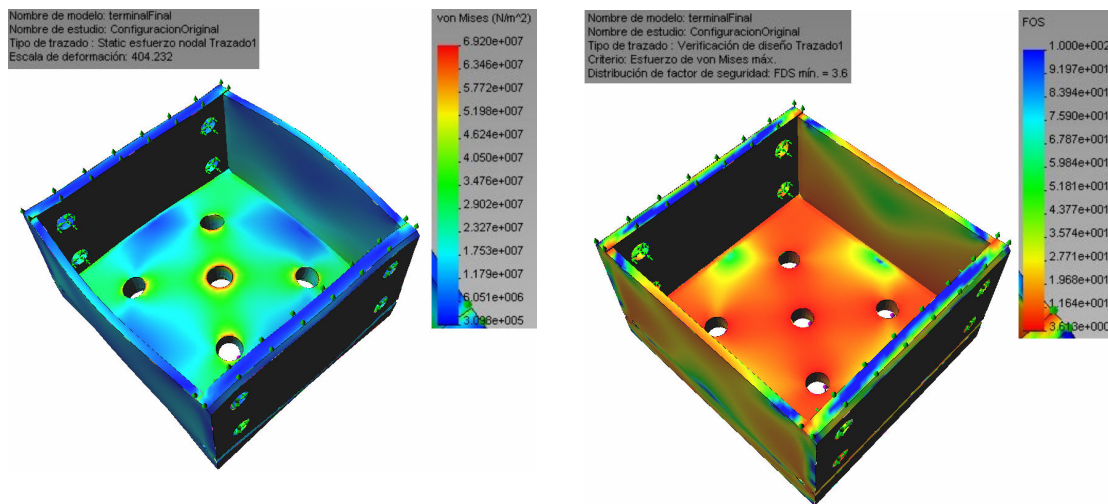
Después de analizar la terminal de cables incluida en la propuesta, Se encontró que la pieza no responde adecuadamente a las condiciones de carga exigidas, presentando un factor de seguridad por debajo de  $2^{27}$ . Por esto se hace una nueva propuesta de terminal, a la cual se le incluirán refuerzos laterales que permitan aumentar la inercia de la pieza, dándole mayor resistencia, y brinda además la posibilidad de ensamblar con tortillería al puente alto y así cumplir los requerimientos de mantenimiento y manufactura que exige el PDS. En las siguientes imágenes pueden verse algunos de los resultados.



**Ilustración 51: Análisis de terminal de cables propuesta (Derecha: Esfuerzo máximo; Izquierda: factor de seguridad).**

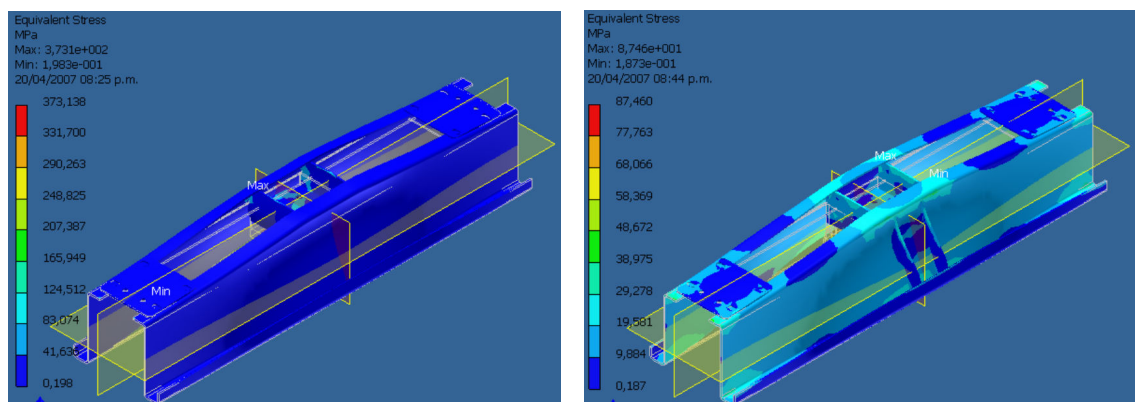
---

<sup>27</sup> Las piezas analizadas fueron sometidas a una fuerza equivalente a un P+Q de 4000Kg, lo que equivale a un equipo para 20 pasajeros. (40000 N). Se hace un incremento del 10% en la carga para simular el caso de funcionamiento mas extremo que constituye una parada de emergencia.



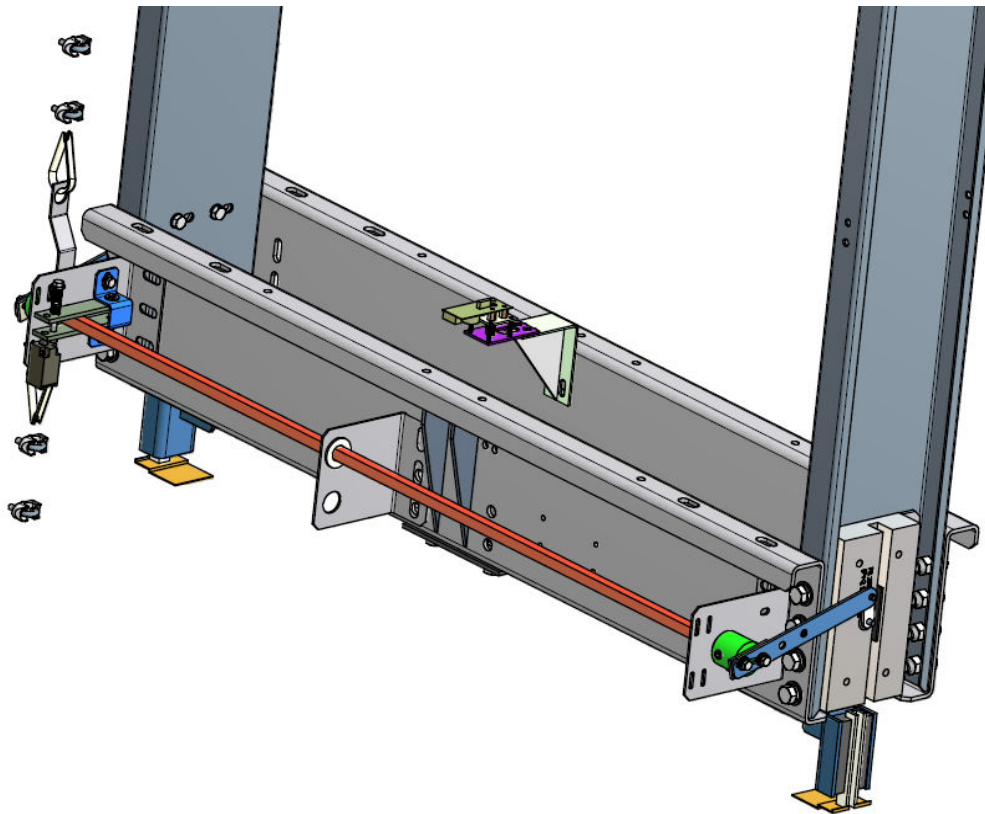
**Ilustración 52: Análisis de terminal de cables final (Derecha: Esfuerzo máximo; izquierda: factor de seguridad)**

De igual manera se hizo un análisis del puente alto completo, obteniendo resultados que obligaron reforzar el travesaño del puente para evitar la deformación de los puntos críticos y permitir una mejor distribución de los esfuerzos a través del componente. La diferencia entre ambos se puede apreciar claramente en la Ilustración 53: Análisis puente alto (Se realizó un segundo análisis para tener una mejor simulación del fenómeno. Puede apreciarse en el Anexos 3: Análisis puentes).



**Ilustración 53: Análisis puente alto (Derecha: puente alto sin refuerzos; izquierda: puente alto con refuerzos)**

En el caso del puente bajo, la timonería (sistema ya definido por el departamento técnico), debe ajustarse a éste, de tal manera que pueda unirse al paracaídas para poder cumplir su función. Esta unión puede apreciarse en la Ilustración 54: Ensamble de timonería con puente bajo.



**Ilustración 54: Ensamble de timonería con puente bajo**

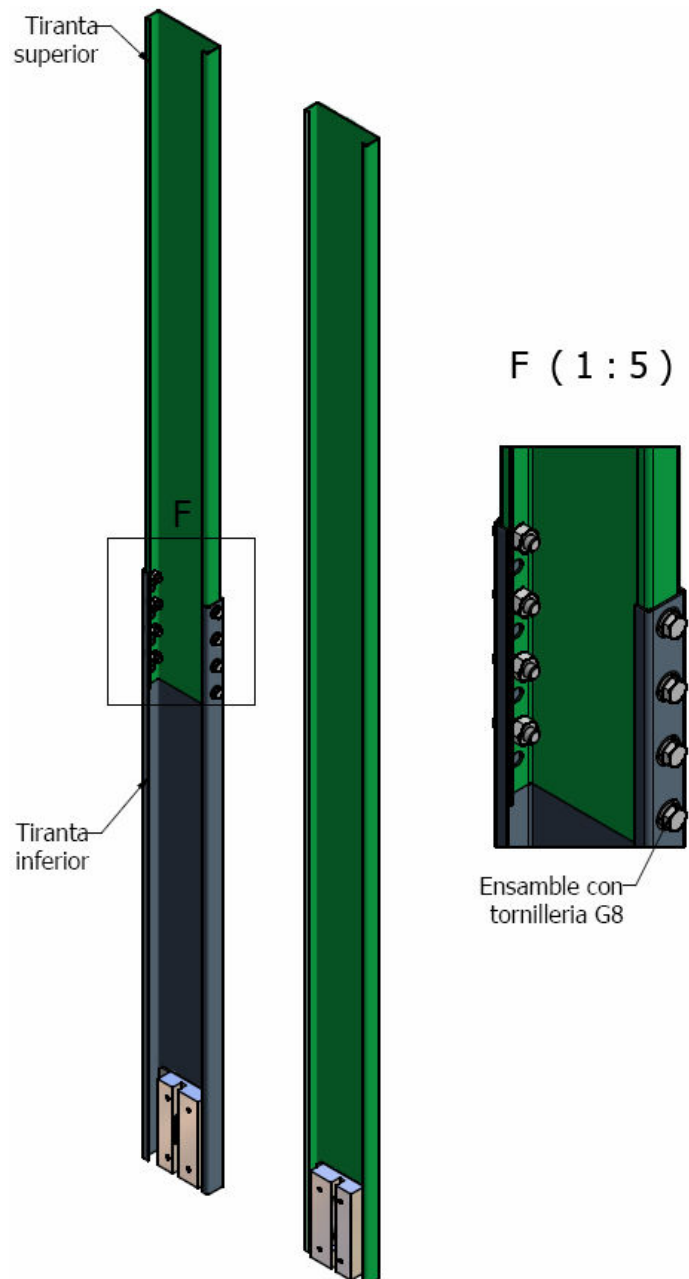
#### 4.3.2.2.2 Tirantas

En el caso de las tirantas, se replanteó el diseño por sus dimensiones, las cuales impiden totalmente ser manufacturadas en la compañía<sup>28</sup>; ahora se componen de

---

<sup>28</sup> El tamaño estándar de las hojas de lámina utilizadas en la compañía es de 2440x1220 mm (4"x8")

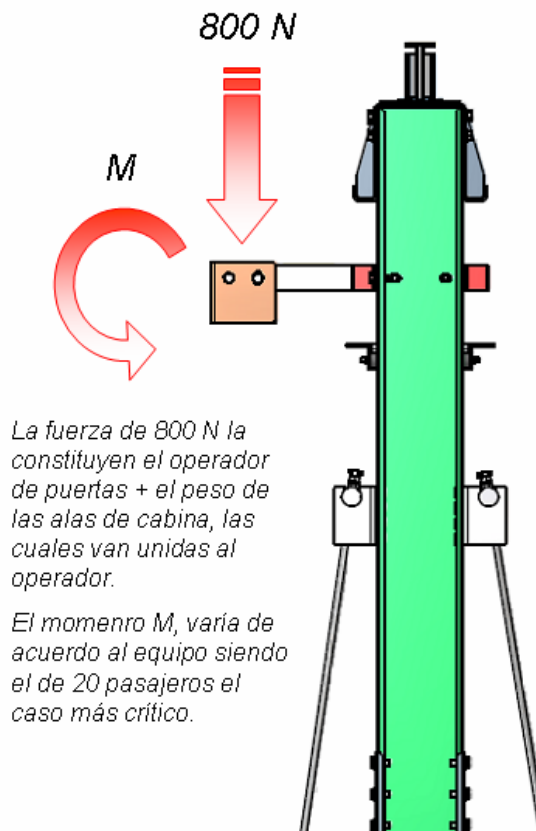
dos piezas, tiranta superior y tiranta inferior. El bloque paracaídas estará ensamblado en la tiranta inferior con un refuerzo que garantice la resistencia de la pieza en caso de una activación de parada de emergencia.



**Ilustración 55: Ensamble tirantas**

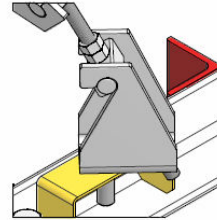
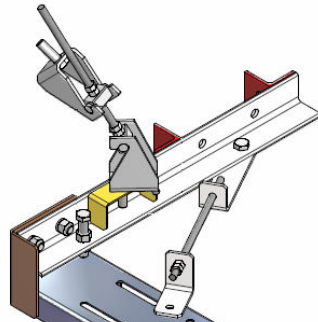
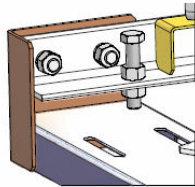
#### 4.3.2.3 Sistema soporte operador (SOB)

Este dispositivo es uno de los nuevos subsistemas que se adicionan al bastidor; este soporte permite instalar el operador en el bastidor y no en el techo de cabina como se hace actualmente. El mayor inconveniente que existe con este dispositivo es que se genera un momento de torsión que influye negativamente en el desempeño del equipo (ver Ilustración 56: Momento en soporte operador); este momento es generado por el peso del operador (60 Kg.). Por este motivo es necesario utilizar una carga opuesta que equilibre el bastidor y permita graduar la cantidad de masa que pueda adicionarse y un sistema tensor que ayude a sostener el soporte operador. En la Ilustración 57: Resultado final sistema SOB, se puede observar la propuesta final del sistema SOB.

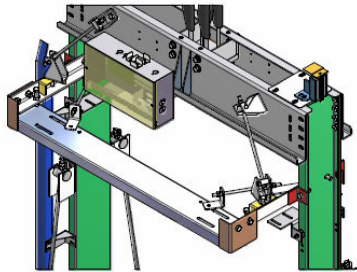


**Ilustración 56: Momento en soporte operador**

**SISTEMA DE  
NIVELACION OPERADOR**



**TENSORAS  
SOPORTE  
OPERADOR**

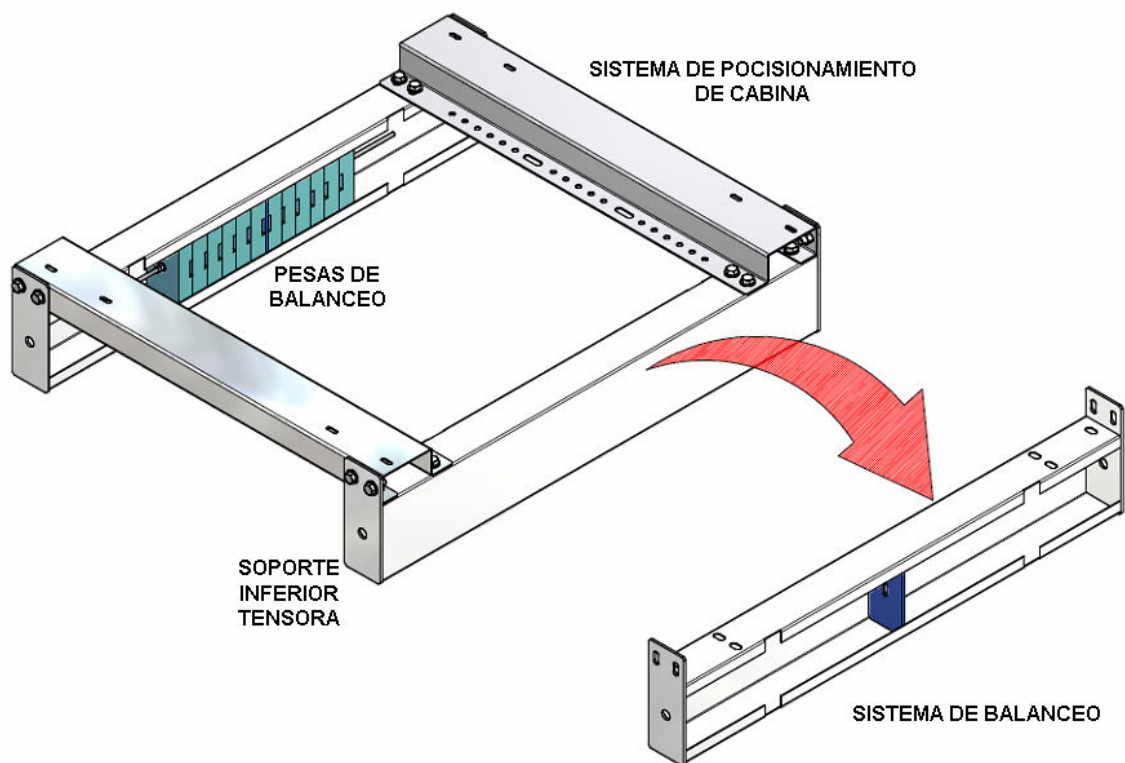


**Ilustración 57: Resultado final sistema SOB**

#### 4.3.2.4 Insonorización parte baja

Para la insonorización, se planteó la unión entre ésta y el sistema de balanceo descrito anteriormente creando un componente versátil que mantiene equilibrado el bastidor, permite la adición de masa de equilibrado si el equipo lo requiere y posiciona la cabina adecuadamente (ver Ilustración 58: Sistema integrado IPE (Insonorización, Posicionamiento, Equilibrado))



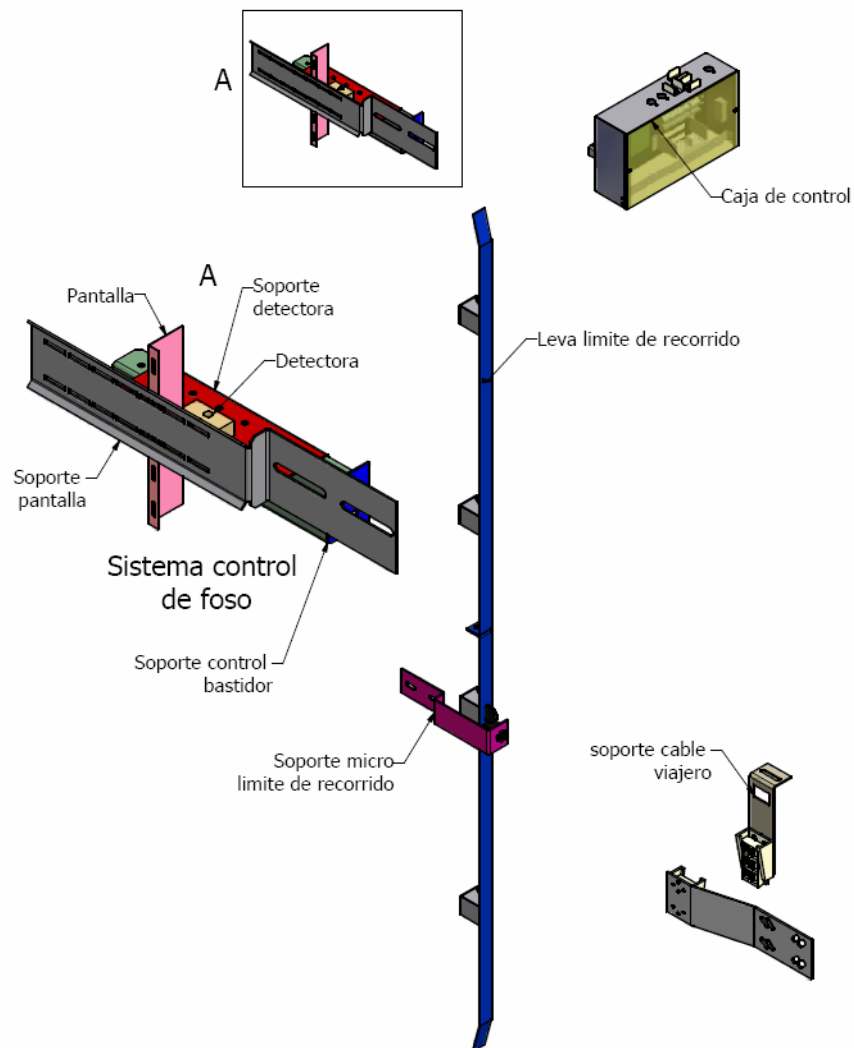


**Ilustración 58: Sistema integrado IPE (Insonorización, Posicionamiento, Equilibrado)**

#### 4.3.2.5 Sistemas adicionales

Actualmente, para el bastidor progresivo (bastidor estándar de la compañía), se utilizan subsistemas que complementan las funciones principales del bastidor y permitir la interacción con el resto del equipo para permitir el funcionamiento normal del ascensor. Estos subsistemas deben acoplarse al nuevo bastidor cumpliendo con las características expuestas en componentes anteriores y los requerimientos considerados en el PDS; estos subsistemas comprenden los siguientes elementos de control: Nuria, leva límite de recorrido, caja de control y soporte cable viajero.

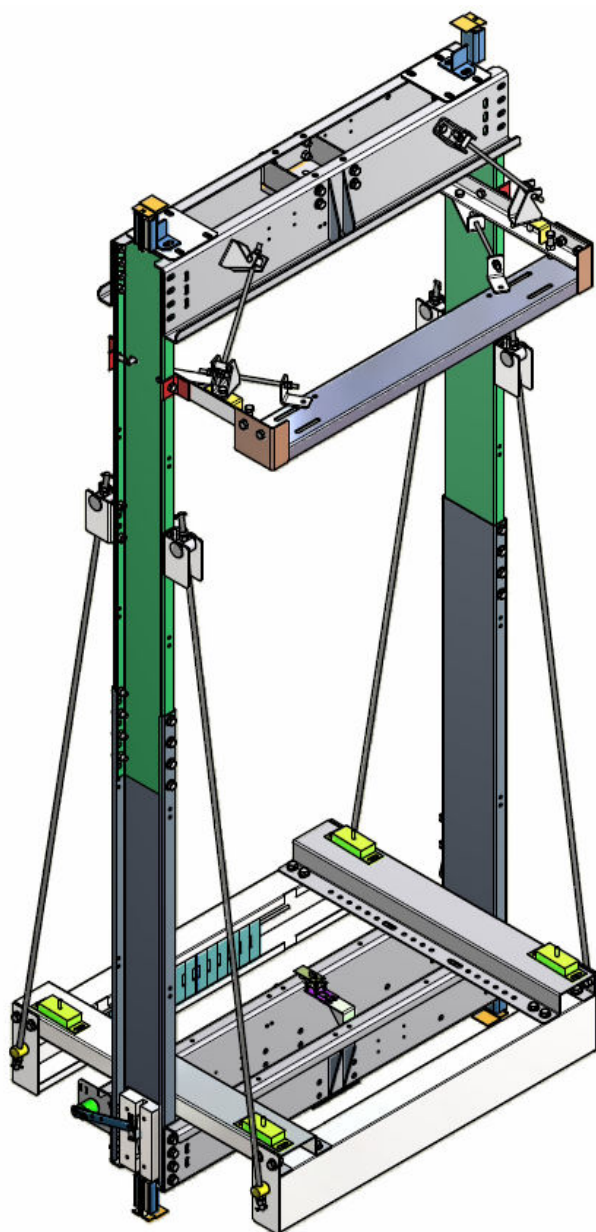




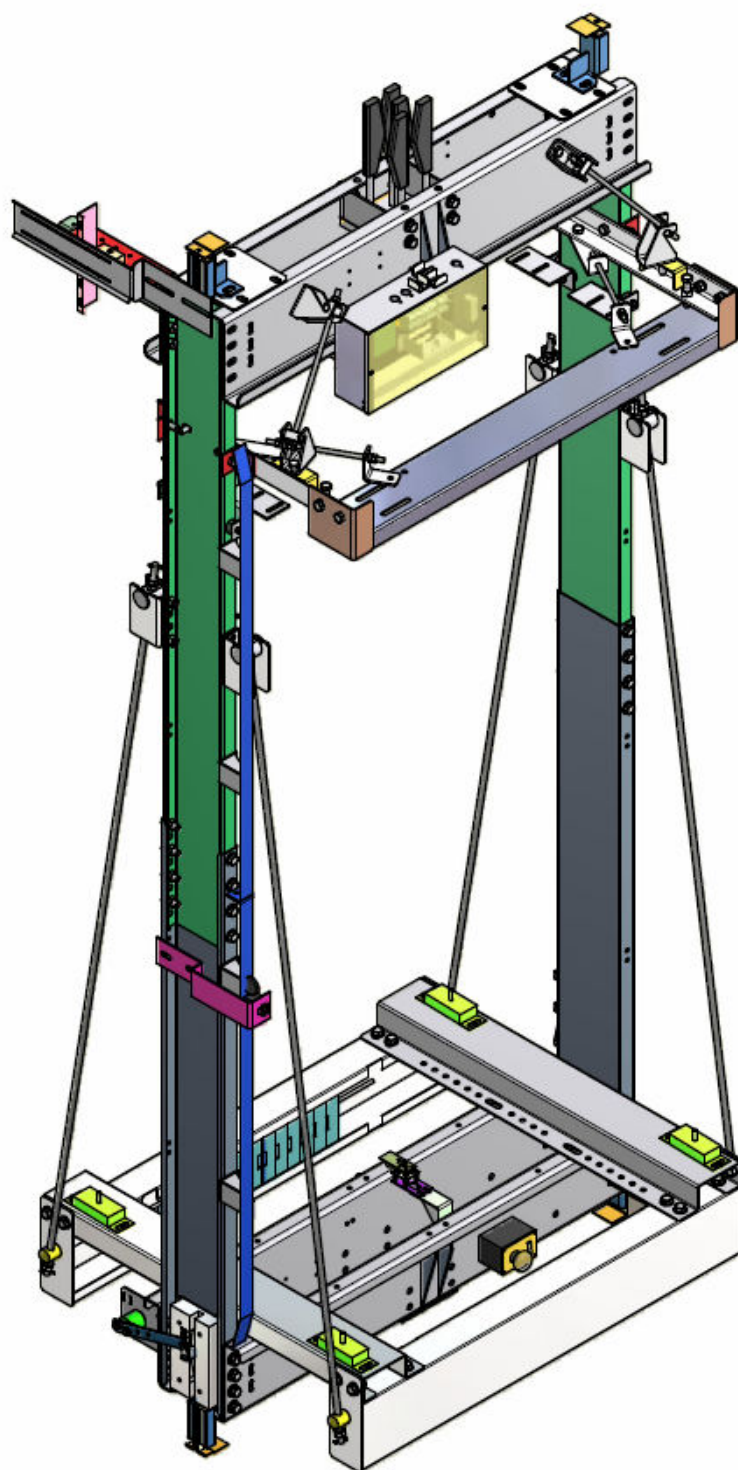
**Ilustración 59: Sistemas adicionales bastidor**

### 4.3.3 Resultado

Este es el resultado final. El BASTIDOR SOB, el cual se pondrá en consideración de los clientes para su puesta a punto según las recomendaciones que sean planteadas.



**Ilustración 60: Bastidor SOB sin control**

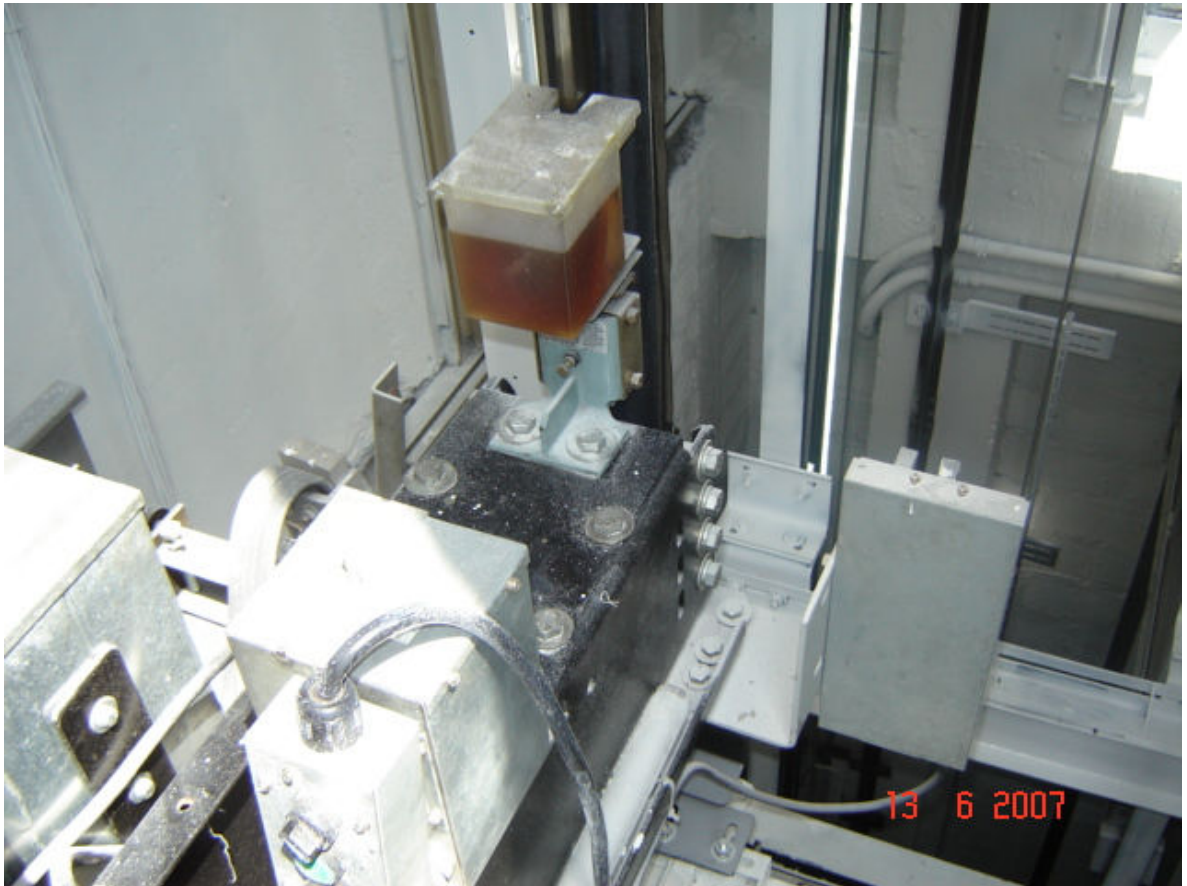


**Ilustración 61: Bastidor SOB con sistemas de control**

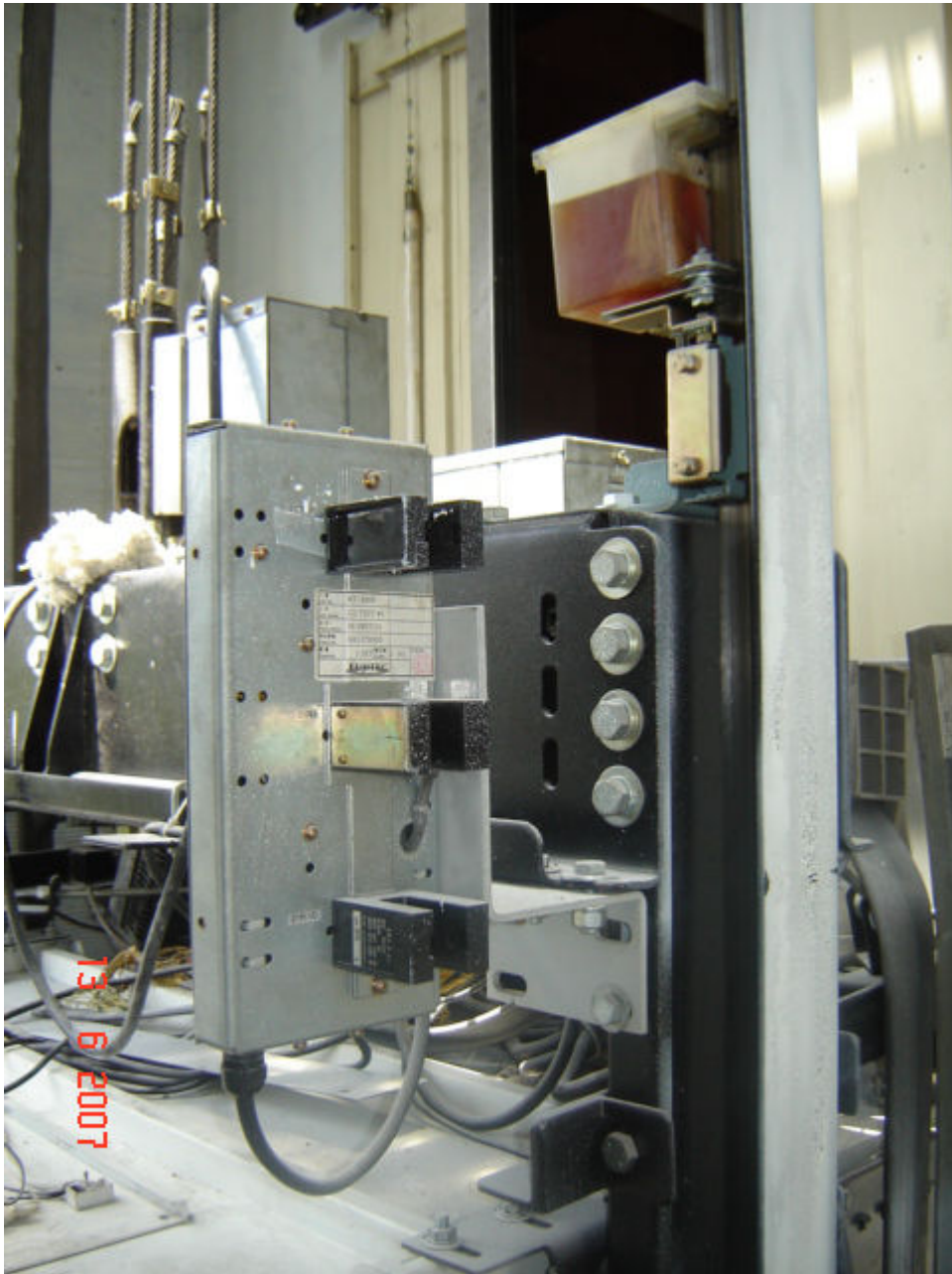
#### 4.3.3.1 Prototipo

A continuación se mostraran imágenes del prototipo del bastidor, instalado en la torre de pruebas de Ascensores Andino:

➤ Puente alto



**Ilustración 62: Ensamble puente alto tiranta 1**



**Ilustración 63: Ensamble puente alto tiranta (ensamble deslizada, insonorización parte alta, sistema de control)**



➤ Tirantas y tensoras



**Ilustración 64: Ensamble tensora tiranta superior**



**Ilustración 65: Ensamble tiranta superior con tiranta inferior**



**Ilustración 66: Ensamble tensora insonorización parte baja**



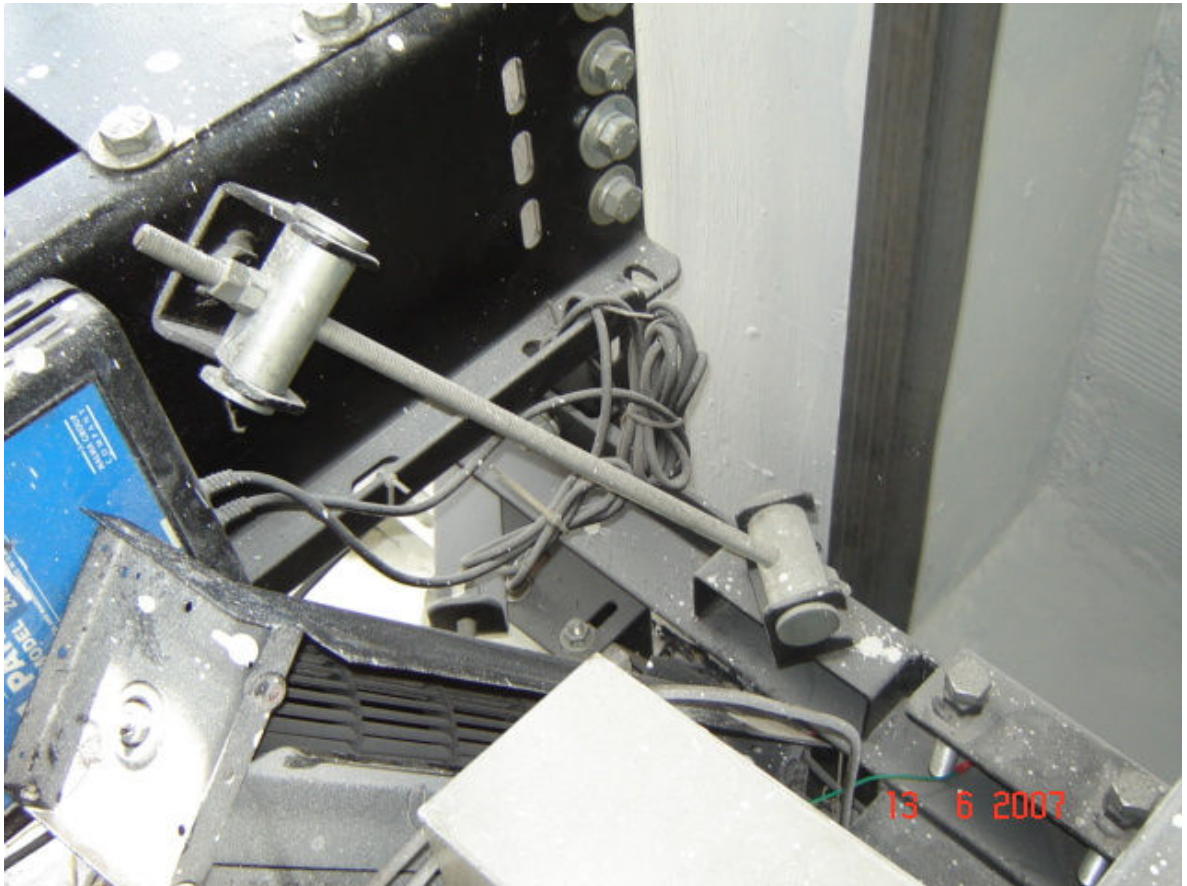


**Ilustración 67: Tirantas**

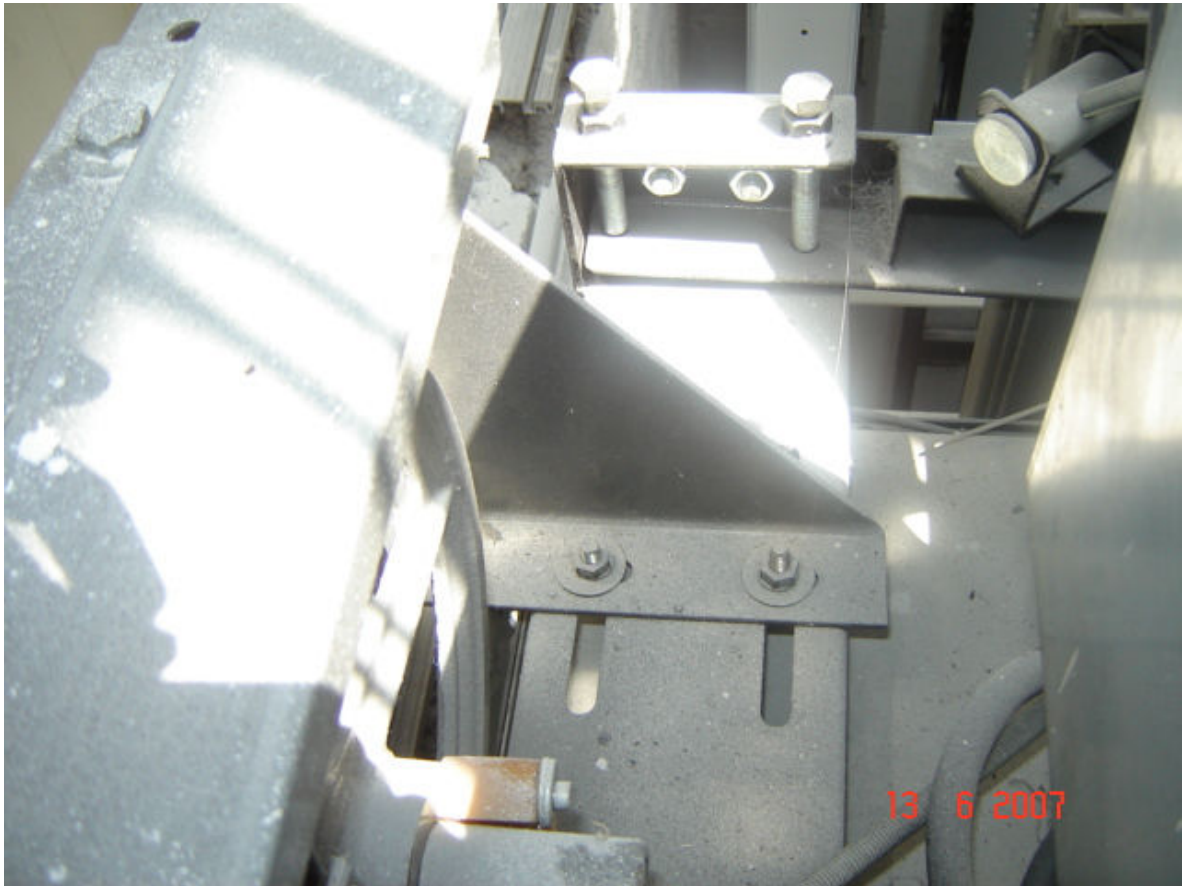
➤ Soporte operador



**Ilustración 68: Ensamble soporte operador tiranta y tensora inferior soporte operador**



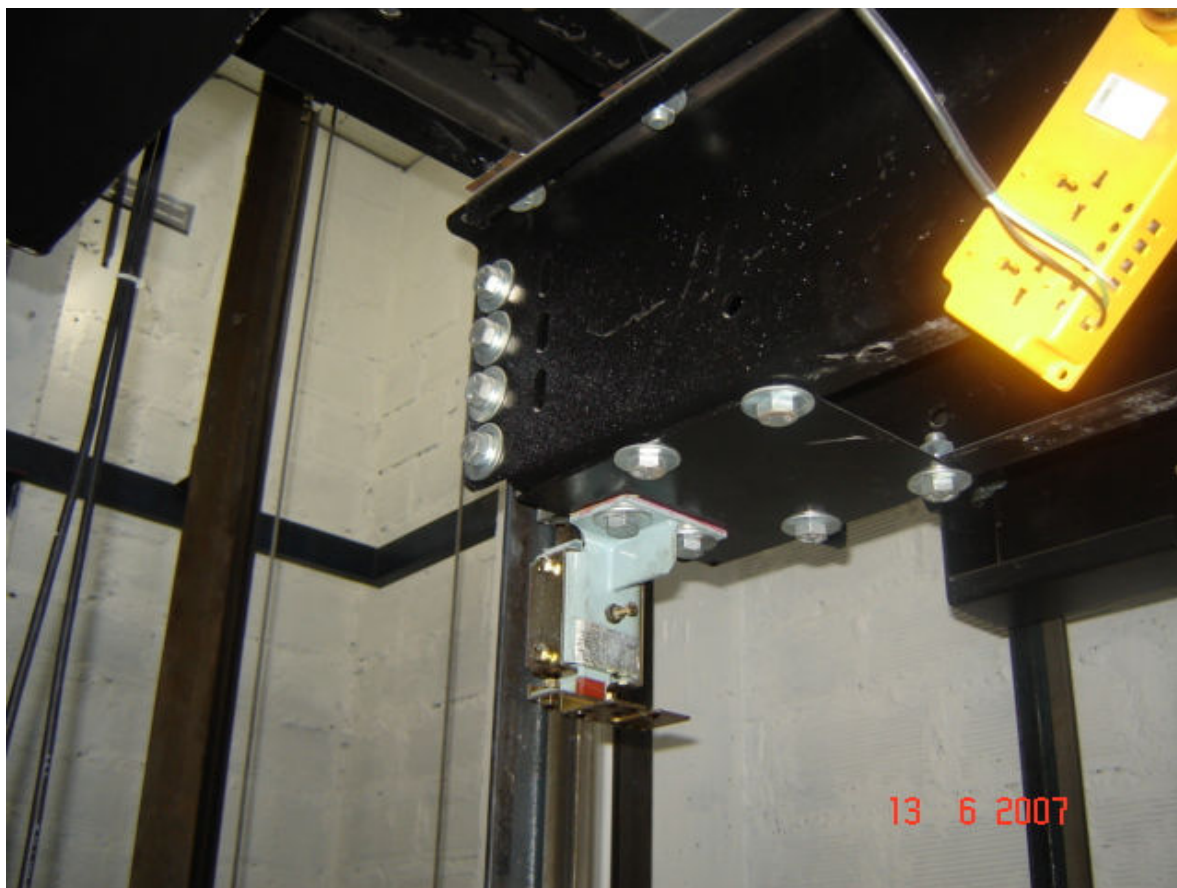
**Ilustración 69: Ensamble tensor superior soporte operador**



**Ilustración 70: Ensamble operador de puertas**



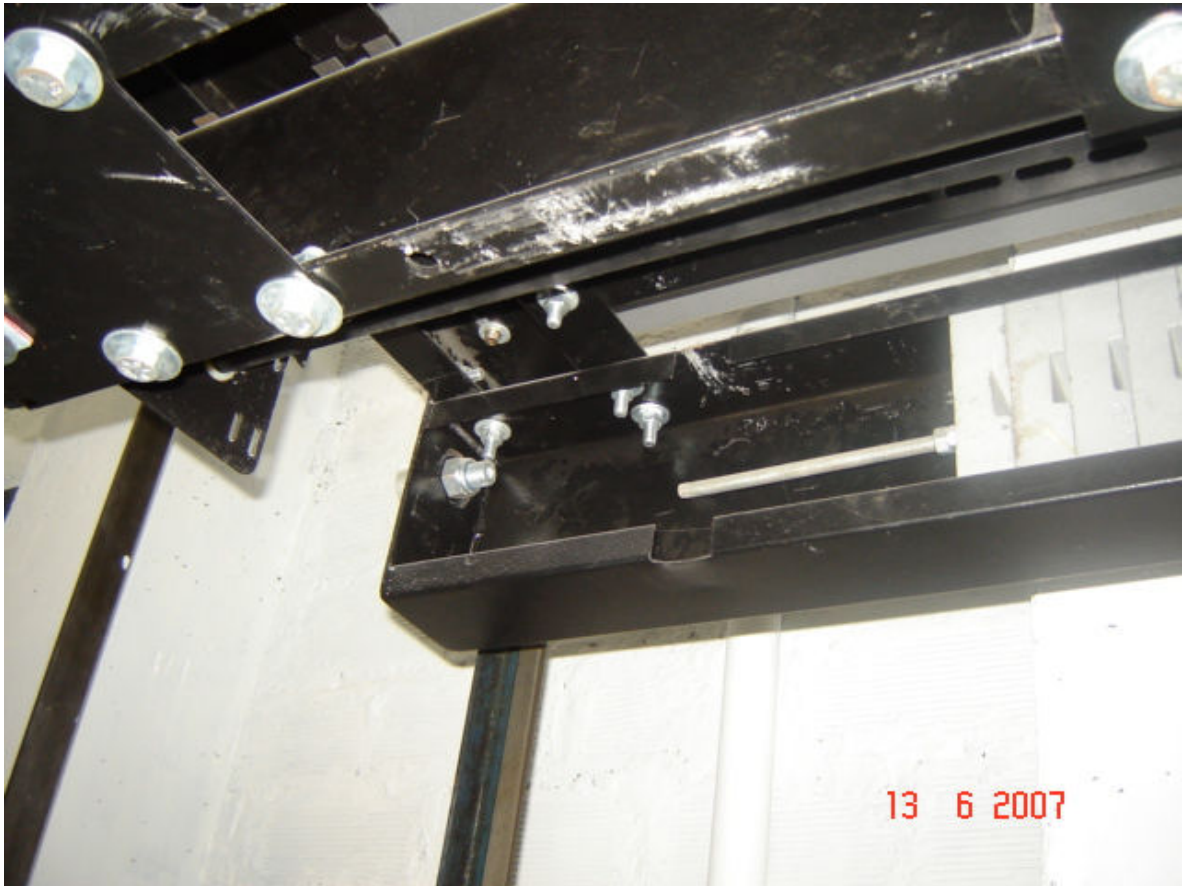
- Puente bajo e insonorización parte baja



**Ilustración 71: Ensamble puente bajo tensora inferior y deslizadera**



**Ilustración 72: Ensamble platina asiento buffer**



**Ilustración 73: Ensamble sistema de nivelación e insonorización parte baja**

## **4.4 COMUNICACIÓN**

Finalmente la etapa de *comunicación*, dará la información final (resumen) de todo el proceso elaborado, desde que se concibió el problema hasta encontrar una solución viable que satisfizo los requerimientos solicitados por el usuario, así como la información necesaria para la fabricación del producto (documentación solución final).

### **4.4.1 Resumen del proceso**

Para llegar a la solución final del BASTIDOR SOB se siguieron los siguientes pasos:

- i. **Etapas de exploración:** se compuesta de búsqueda de productos similares de otras marcas y su posterior análisis, clarificación de objetivos, búsqueda de necesidades de usuarios directos e indirectos del producto y elaboración del PDS.
- ii. **Etapas de generación:** Con la información generada en el proceso de exploración, se inició esta etapa que se compone de diseño conceptual y generación de alternativas.
- iii. **Etapas de evaluación** Partiendo de las propuestas generadas se da inicio a la evaluación compuesta de evaluación y selección de alternativas y diseño de detalle.
- iv. **Etapas de comunicación:** Finalmente está la etapa de comunicación compuesta de: Resumen del proceso y planos de la propuesta final.

#### **4.4.2 Modelación y planos**

La modelación del bastidor final hace parte de la propiedad intelectual de la empresa y por tal motivo no hace parte de los entregables de este trabajo; en cuanto a los planos, en el Anexos 1: Planos generales Bastidor SOB pueden verse los planos con dimensiones generales del bastidor y cada uno de sus sub componentes.



## 5. CONCLUSIONES

### 5.1 CONCLUSIONES METODOLÓGICAS

Después de efectuar el desarrollo del Bastidor SOB, la siguiente es la metodología sugerida para abordar los próximos diseños dentro de la compañía, la cual puede aplicarse a un desarrollo completamente nuevo o algún sub componente que complemente un sistema existente:

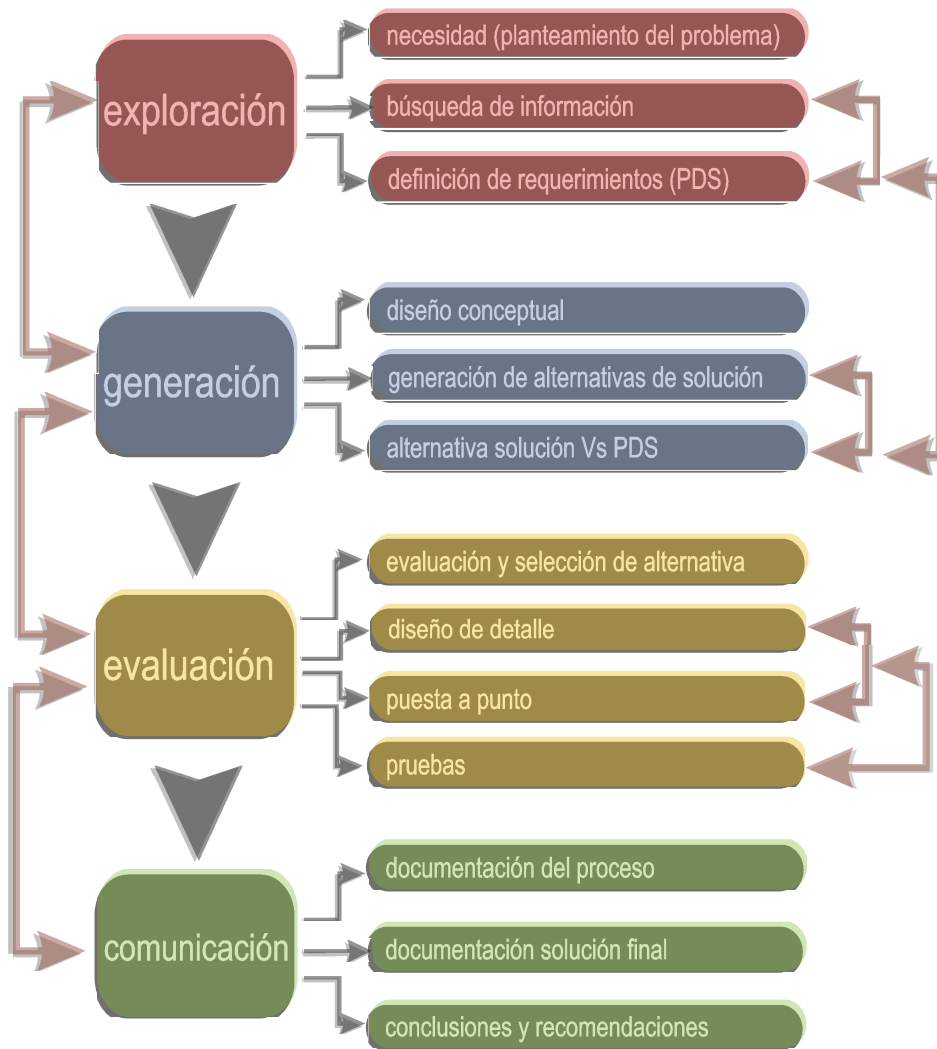


Ilustración 74: Diagrama de flujo de la metodología propuesta.

Una de las grandes falencias de la metodología actualmente utilizada en la compañía es la falta de documentación que sirva como fuente de consulta y de referencia para nuevos desarrollos.

Es importante la aplicación de la metodología de diseño, pues ésta genera una ruta clara a seguir en la etapa de diseño conceptual evitando retroceder demasiado en la etapa de diseño de detalle y plantea claramente todas las posibles variables de solución (portadores de función) que deban proponerse.

Es primordial contar con el apoyo constante de otras disciplinas en el desarrollo de nuevos productos, pues cada uno le da un enfoque que complementa el proceso de diseño. De igual manera se debe contar con la opinión de los diferentes procesos que conforman la cadena de valor.

La formación del IDP, hace más fácil la interacción con cualquier profesional en sus respectivas áreas, al manejar un lenguaje adecuado logrando el intercambio de ideas que beneficia el proceso de diseño.

## **5.2 CONCLUSIONES DE PRODUCTO**

El Bastidor SOB es un sistema versátil que puede albergar equipos desde 4 hasta 20 pasajeros, capaz de viajar a velocidades mayores a 1.5m/s sin alterar el confort de los pasajeros al disminuir las vibraciones generadas a estas velocidades. Los subsistemas que lo conforman pueden ser cambiados en caso de ser necesario, los cuales pueden ser fabricados sin la intervención del departamento de ingeniería.

En el caso de los equipos especiales el Bastidor SOB facilita el diseño, al estar modelado bajo parámetros que varían de acuerdo a las dimensiones de la cabina (ancho y fondo), disminuyendo el tiempo de diseño al hacer ajustes mínimos y por consiguiente reduciendo el tiempo de entrega a producción.

COSERVICIOS S.A. cuenta con unas herramientas informáticas que facilitan el proceso de diseño de componentes mecánicos, ya que permite realizar rápidamente prototipos virtuales y análisis de esfuerzos (FEA), aunque el software disponible tiene condiciones limitadas para la definición de condiciones de frontera el refinamiento del mallado.

### **5.3 CONCLUSIONES DE APRENDIZAJE**

Es muy importante tener en cuenta que a pesar de tener las herramientas mas avanzadas y los últimos desarrollos en software, se deben realizar diseños que permitan ajustar las variaciones de los procesos productivos, especialmente aquellos componentes que requieran ajustes dimensionales que pueden volverse críticos.

Para lograr un mejor resultado en el desarrollo de nuevos productos, es indispensable contar con el apoyo de cada uno de los interesados en el proyecto. En este caso el apoyo por parte del departamento de ingeniería, servicio técnico y montajes de la compañía fue total y el resultado lo evidencia.

Cuando se tiene a disposición herramientas de FEA, hay que tener en cuenta que las características de éste permitan acercarse al fenómeno que se desea simular, para lograr resultados contundentes. En caso contrario se recomienda un segundo análisis en otro modelador.

Las teorías y metodologías estudiadas a lo largo de la carrera brindan herramientas elementales para el desempeño dentro del mundo real, pero se debe tener en cuenta que aquellos casos estudiados se desarrollan en condiciones ideales, situación que no ocurre en el día a día. Por esto la experiencia y en algunos casos el ensayo y error complementan los resultados inicialmente planteados para lograr llegar a la solución ideal.

## 6. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la compañía la utilización de métodos de diseño mejor definidos que permitan dar un direccionamiento al desarrollo de nuevos productos. La metodología propuesta en este trabajo puede ser una de ellas, porque desarrolla de una manera sencilla todos los pasos que deben tenerse en cuenta para la búsqueda de soluciones que integren las necesidades de todos los clientes del producto.

Es muy importante documentar la evolución de los diferentes componentes desarrollados a través de la historia, ya que son la base para nuevas ideas y son una fuente de búsqueda muy valiosa para el departamento técnico y de soporte de la compañía,

Se recomienda utilizar modeladores para análisis FEA con capacidad de simular las condiciones que sean más aproximadas a la realidad en piezas que lo requieran (ejemplo: en este caso la terminal de cables es la pieza con mayor carga en todo el bastidor y debe analizarse rigurosamente.), de lo contrario pueden ser modeladas en sistemas de menor precisión, para encaminar el diseño.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- AENOR. Reglas de Seguridad para la Construcción e Instalación de Ascensores. EN 81-1:1998. Madrid 2001.
- ACEVEDO, Mauricio, Diseño de una bancada para ascensores con cuarto de máquinas para la empresa Coservicios., Medellín. 2006. Tesis de grado (ingeniera de Diseño de Producto) Universidad Eafit, Facultad Ingeniería.
- ANDREASEN, M.M., Kähler, S., Lund, T., and Swift, K.G., Design for Assembly (2. ed.), London: IFS Publ., and Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 1988
- ANNETT, F.A., Ascensores, montacargas y escaleras mecánicas, Editorial hispano americana S.A., Buenos Aires, 1962.
- AUFZÜGE, Thyssen. Elevators: Technology – Planning – Operation. La Nouvelle Librairie. España. 1987.
- BEER, Ferdinand P. JOHNSTON Jr, E. Ruseell. DEWOLF, John T. Mecánica de Materiales. 3 ED. México: McGraw Hill Interamericana S.A., 2004
- COSERVICIOS S.A. ASCENSORES ANDINO. Guía de especificaciones técnicas. Coservicios. Medellín, 2003.
- COSERVICIOS S.A. ASCENSORES ANDINO. II Seminario Nacional de Actualización Técnica. Medellín, 2003
- CONRAN, Terence. Diseño. Barcelona, Blume, 1997

- CROSS, Nigel. Métodos de Diseño. Primera Edición. Limusa. México. 1999
- ESCOBAR, Esteban, Diseño de un contrapeso para elevadores a tracción de la empresa COSERVICIOS S.A., Medellín. 2006. Tesis de grado (ingeniero mecánico) UPB, Facultad Ingeniería Mecánica.
- HARRYS, C & CHARLES, E. Shock and vibration handbook. Second edition. McGraw-Hill Book Company. United States, 1976.
- HIRSCHER, Peter. Thyssen Aufzüge – Elevators: Technology, Planning, Operation. España: La Nouvelle Librairie, 1987. 80p.
- HUBKA, v. & W. E Eder, Principles of engineering design. Edition HEURISTA, 1987
- JANOVSÝ, Lubomir. Elevator Mechanical Design: Principles and Concepts. First Edition. Ellis Horwood Limited. Chichester 1987.
- MIRAVETE, A. LARRODÉ, E. El Libro del Transporte Vertical. Primera Edición. INO Reproducciones, S.A. Zaragoza 1996.
- NORTON, Robert L. Diseño de Máquinas. México. Prentice Hall, 1999. p889-891 896, 906-908, 914-928.
- PÉREZ, Hernán David. Aplicaciones de la Mecánica de Materiales. Medellín: Editorial UPB, 1997.
- PHAL, Gerard y BEITZ, Wolfgang,. Engineering design a systematic approach. The Design Council, United Kingdom,. 1988

- SALMON, Charles G., JOHNSON, John E. Steel Structures: Design and Behaviour, Emphasizing Load and Resistance Factor Design. 4 Ed. New York: Harper Collins, 1996
- ULRICH, Kart T. y EPPINGER, Steven D. Diseño y desarrollo de productos, enfoque multidisciplinario. 3ª ed. México, McGraw-Hill interamericana, 2004.
- VDI Guideline 2221: Systematic Approach to the Design of Technical Systems and Products, Düsseldorf: VDI, 1987 (edited by K.M. Wallace)
- STRAKOSCH, George R. Transporte Vertical: Ascensores y escaleras móviles. Segunda Edición. Boixareu Editores. Barcelona. 1973.

Recursos electrónicos:

<http://www.COSERVICIOS S.A.com/>

<http://science.howstuffworks.com/>

<http://www.thyssenkrupp.com>

<http://www.eafit.edu.co>

[www.construir.com](http://www.construir.com) ECONSULT C Consulta Val document ascenso

<http://www.scirus.com>

<http://www.hilti.com>

<http://www.wittur.com/IN/INtemplates/IN1PUB/default.asp?part=PRODUCTS>

[www.kone.com/static/ImageBank/GetFile\\_pdf/0,,fileID=98829,00.pdf](http://www.kone.com/static/ImageBank/GetFile_pdf/0,,fileID=98829,00.pdf)

[http://traction.cn/English/products\\_1.htm](http://traction.cn/English/products_1.htm)

<http://www.nbx.com>

## ANEXOS

.....	Pág.
<b>Anexos 1: Planos generales Bastidor SOB.....</b>	<b>137</b>
<b>Anexos 2: Análisis terminales de cable .....</b>	<b>138</b>
<b>Anexos 3: Análisis puentes .....</b>	<b>147</b>



## **Anexos 1: Planos generales Bastidor SOB**

## Anexos 2: Análisis terminales de cable

### ANALISIS A: Placa de amarre inicial

#### Materiales

Nº	Nombre de pieza	Material	Masa	Volumen
1	placaInferior-1	ASTM A36 Steel	8.19731 kg	0.00104424 m <sup>3</sup>
2	refuerzoOriginal-1	ASTM A36 Steel	0.979492 kg	0.000124776 m <sup>3</sup>
3	refuerzoOriginal-2	ASTM A36 Steel	0.979492 kg	0.000124776 m <sup>3</sup>

#### Información de cargas y restricciones

Restricción	
<b>Restricción-1</b> <refuerzoOriginal-1, placaInferior-1, refuerzoOriginal-2>	activar <b>24 Arista(s)</b> fijo.
<b>Descripción:</b>	

Carga		
<b>Fuerza-1</b> <placaInferior-1, refuerzoOriginal-2>	activar <b>5 Cara(s)</b> aplicar fuerza <b>8000 N</b> normal a plano de referencia con respecto a la referencia seleccionada <b>Arista&lt; 1 &gt;</b> utilizando distribución uniforme	Carga secuencial

<b>Descripción:</b>		
---------------------	--	--

Propiedad del estudio

Información de malla	
Tipo de malla:	Malla de sólido
Mallador utilizado:	Estándar
Transición automática:	Desactivar
Superficie lisa:	Activar
Verificación jacobiana:	4 Points
Tamaño de elementos:	5.4495 mm
Tolerancia:	0.27247 mm
Calidad:	Alta
Número de elementos:	53291
Número de nodos:	85245

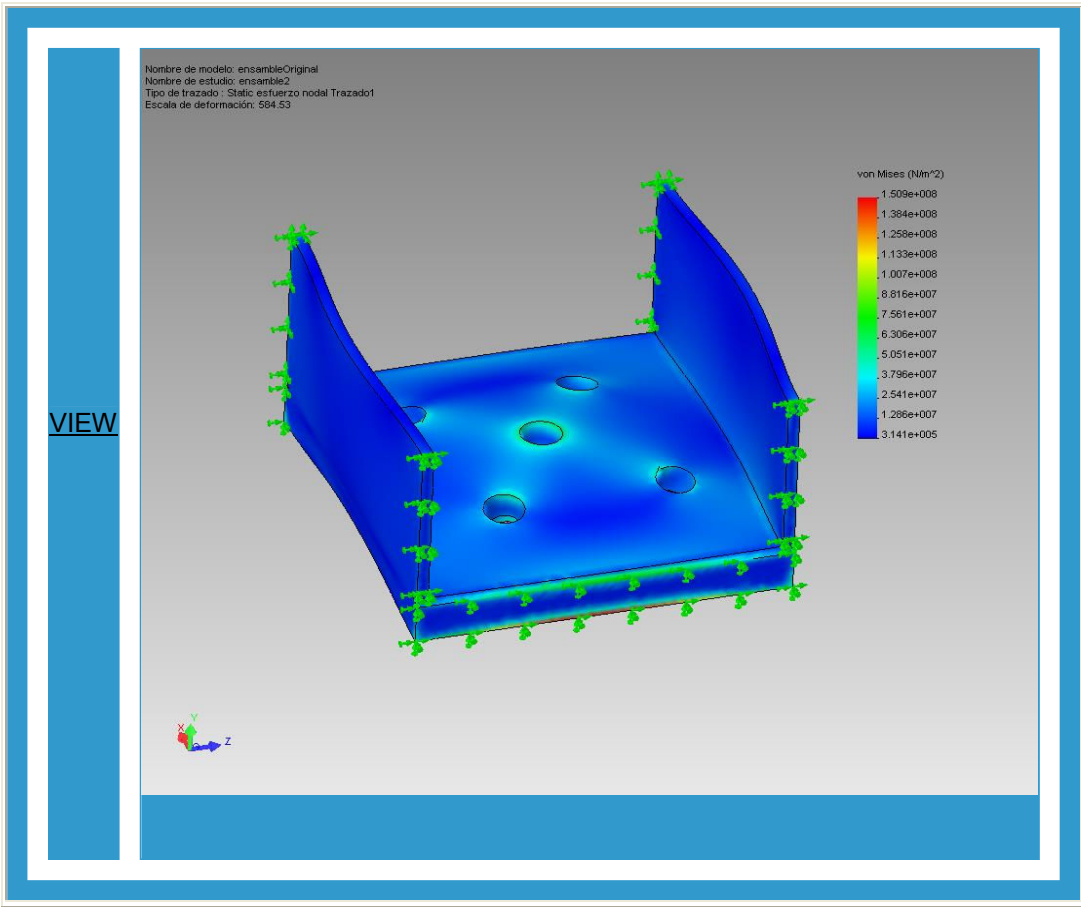
Información del solver
------------------------

Calidad:	Alta
Tipo de solver:	Solver tipo FFE
Opción:	Incluir efectos térmicos
Opción térmica:	Introducir temperatura
Opción térmica:	Temperatura de referencia a tensión cero: 298 Kelvin

#### Resultados de esfuerzos

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Trazado1	VON: Esfuerzo de von Mises	314132 N/m <sup>2</sup>  Nodo: 84651	(-81.8075 mm,  98.0859 mm,  -6 mm)	1.50913e+008 N/m <sup>2</sup>  Nodo: 51998	(105.355 mm,  -23.3141 mm,  -94.5946 mm)

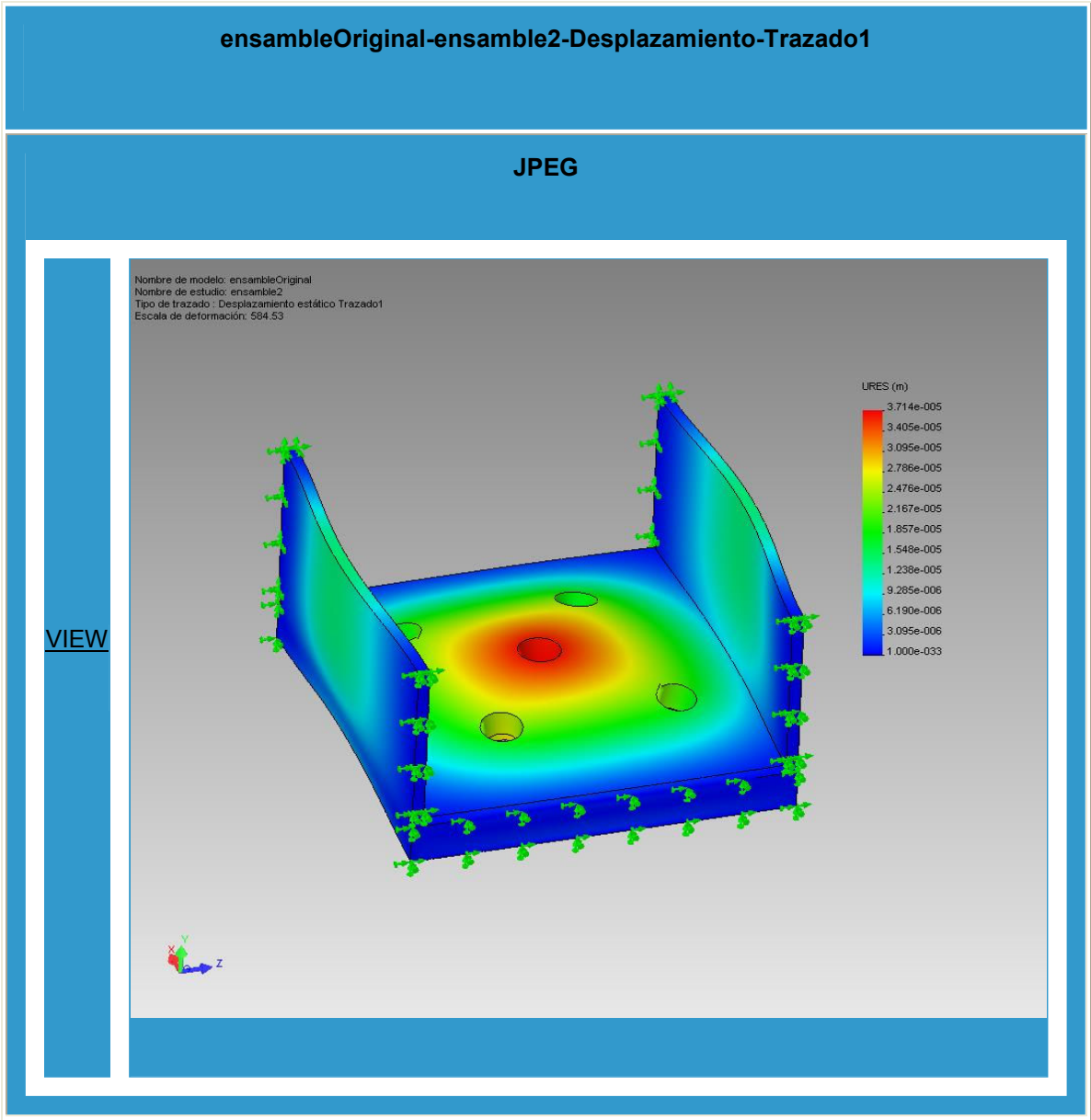
<b>ensambleOriginal-ensamble2-Esfuerzo-Trazado1</b>
<b>JPEG</b>



Resultados de desplazamientos

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Trazado1	URES: Desplazamientos resultantes	0 m	(-111.645 mm,	3.71405e- 005 m	(- 0.697321 mm,
		Nodo: 1760	-23.3141 mm,	Nodo: 54732	-13.5614 mm,
			- 2.27318e-		-90.8207

			011 mm)		mm)
--	--	--	---------	--	-----



Apéndice

ASTM A36 Steel

Nombre de propiedad	Valor	Unidades	Tipo de valor
Módulo elástico	2e+011	N/m^2	Constante
Coeficiente de Poisson	0.26	NA	Constante
Módulo cortante	7.93e+010	N/m^2	Constante
Densidad de masa	7850	kg/m^3	Constante
Límite de tracción	4e+008	N/m^2	Constante
Límite elástico	2.5e+008	N/m^2	Constante

**ANÁLISIS B:  
PLACA DE  
AMARRE  
DEFINITIVA**

**Materiales**

Nº	Nombre de pieza	Material	Masa	Volumen
1	placaInferior-1	ASTM A36 Steel	8.19731 kg	0.00104424 m^3
2	refuerzo-1	ASTM A36 Steel	0.864643 kg	0.000110146 m^3
3	refuerzo-2	ASTM A36 Steel	0.864643 kg	0.000110146 m^3
4	refuerzoExtra-1	ASTM A36 Steel	1.82581 kg	0.000232587 m^3
5	refuerzoExtra-2	ASTM A36 Steel	1.82581 kg	0.000232587 m^3

**Información de cargas y restricciones**

Restricción		
<b>Restricción-1</b> <refuerzoExtra-2, refuerzoExtra-1>	activar 2 Cara(s) con desplazamiento 0 m normal a la cara.	Carga secuencial
<b>Descripción:</b>		
<b>Restricción-2</b> <refuerzoExtra-1, refuerzoExtra-2>	activar 8 Cara(s) con desplazamiento 0 m a lo largo del radial. desplazamiento 0 m a lo largo de la axial.	Carga secuencial
<b>Descripción:</b>		

**Carga**

<b>Fuerza-1</b> <placaInferior-1, refuerzoExtra-2>	activar <b>5 Cara(s)</b> aplicar fuerza <b>-8000 N</b> normal a plano de referencia con respecto a la referencia seleccionada <b>Arista&lt; 1 &gt;</b> utilizando distribución uniforme	Carga secuencial
<b>Descripción:</b>		

### Propiedad del estudio

Información de malla	
Tipo de malla:	Malla de sólido
Mallador utilizado:	Estándar
Transición automática:	Desactivar
Superficie lisa:	Activar
Verificación jacobiana:	4 Points
Tamaño de elementos:	6.0033 mm
Tolerancia:	0.30016 mm
Calidad:	Alta
Número de elementos:	51818
Número de nodos:	85160

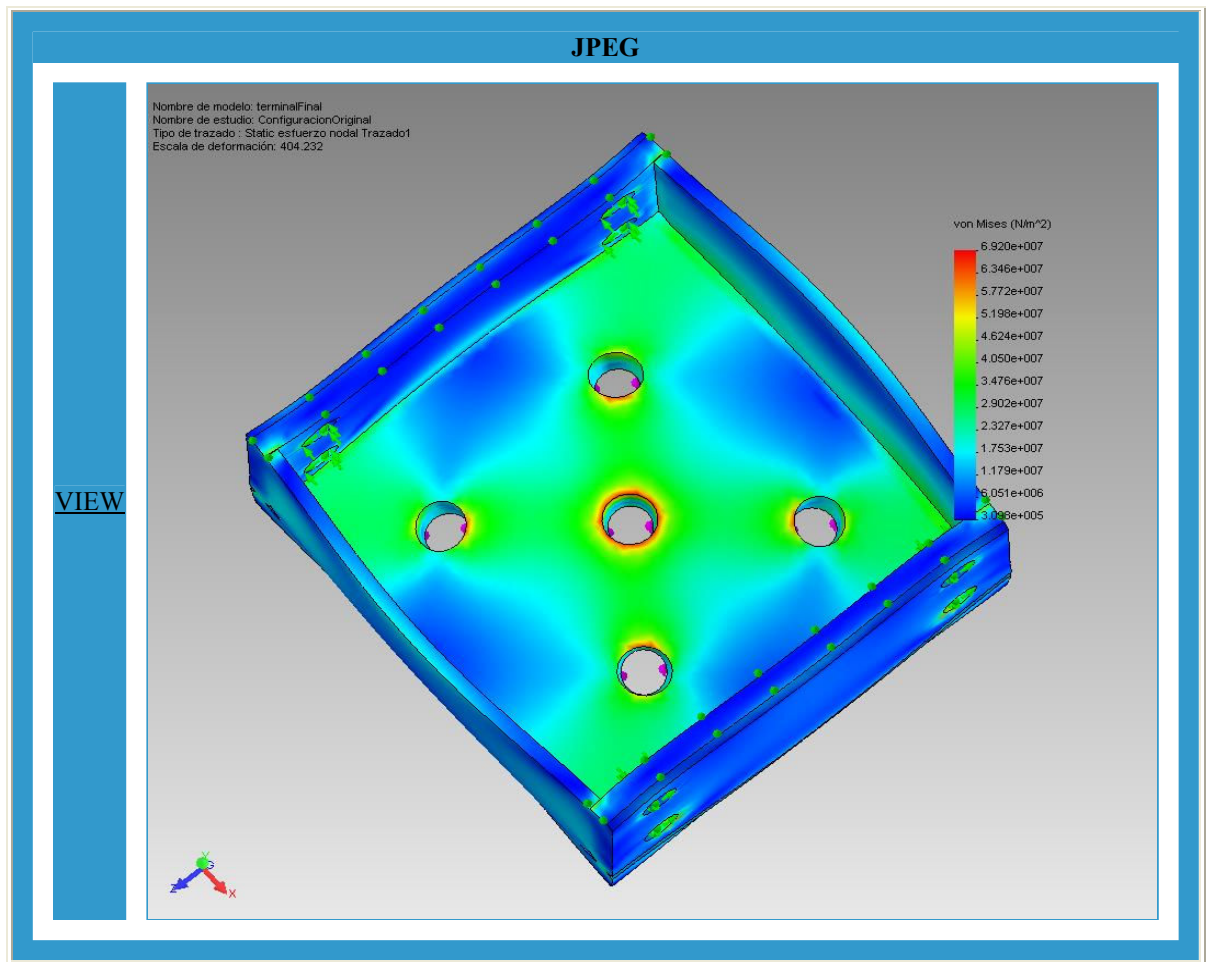
Información del solver	
Calidad:	Alta
Tipo de solver:	Solver tipo FFE
Opción:	Incluir efectos térmicos
Opción térmica:	Introducir temperatura
Opción térmica:	Temperatura de referencia a tensión cero: 298 Kelvin

### Resultados de esfuerzos

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Trazado1	VON: Esfuerzo de von Mises	309753 N/m <sup>2</sup> Nodo: 62996	(66.9009 mm, 77.3818 mm, -197 mm)	6.92032e+007 N/m <sup>2</sup> Nodo: 272	(-25.5021 mm, -18.6182 mm, -107.686 mm)

terminalFinal-ConfiguracionOriginal-Esfuerzo-Trazado1



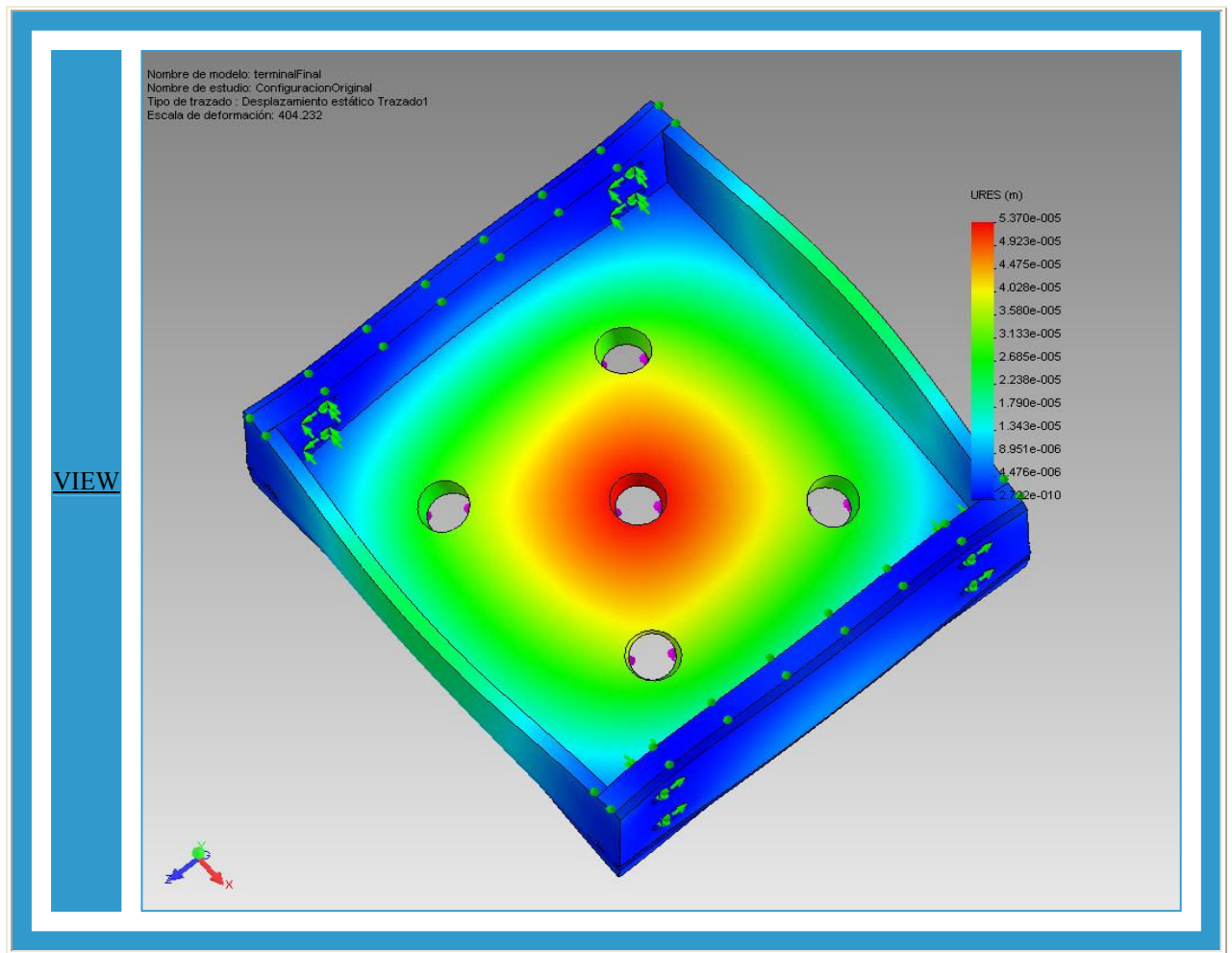


### Resultados de desplazamientos

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Trazado1	URES: Desplazamientos resultantes	2.72163e-010 m	(88.5821 mm,	5.37047e-005 m	(-28.9492 mm,
		Nodo: 74757	47.0011 mm, -177.637 mm)	Nodo: 1454	-34.2655 mm, -102.947 mm)

terminalFinal-ConfiguracionOriginal-Desplazamiento-Trazado1

JPEG



## Apéndice

ASTM A36 Steel

Nombre de propiedad	Valor	Unidades	Tipo de valor
Módulo elástico	2e+011	N/m <sup>2</sup>	Constante
Coefficiente de Poisson	0.26	NA	Constante
Módulo cortante	7.93e+010	N/m <sup>2</sup>	Constante
Densidad de masa	7850	kg/m <sup>3</sup>	Constante
Límite de tracción	4e+008	N/m <sup>2</sup>	Constante
Límite elástico	2.5e+008	N/m <sup>2</sup>	Constante

### Anexos 3: Análisis puentes

## ANALISIS A: PUENTE ALTO INICIAL. (Análisis modelado en Autodesk Inventor 11)

### Geometry and Mesh

The Relevance setting listed below controlled the fineness of the mesh used in this analysis. For reference, a setting of -100 produces a coarse mesh, fast solutions and results that may include significant uncertainty. A setting of +100 generates a fine mesh, longer solution times and the least uncertainty in results. Zero is the default Relevance setting.

TABLE 1	
Part1 Statistics	
Bounding Box Dimensions	339, mm 1477 mm 254,5 mm
Part Mass	64,17 kg
Part Volume	8,164e+006 mm <sup>3</sup>
Mesh Relevance Setting	53
Nodes	26324

Elements	12932
----------	-------

Bounding box dimensions represent lengths in the global X, Y and Z directions.

#### Material Data

The following material behavior assumptions apply to this analysis:

- Linear - stress is directly proportional to strain.
- Constant - all properties temperature-independent.
- Homogeneous - properties do not change throughout the volume of the part.
- Isotropic - material properties are identical in all directions.

TABLE 2	
Steel, Mild	
Young's Modulus	2,2e+005 MPa
Poisson's Ratio	0,275
Mass Density	7,86e-006 kg/mm <sup>3</sup>
Tensile Yield Strength	207, MPa
Tensile Ultimate Strength	345, MPa

#### Loads and Constraints

The following loads and constraints act on specific regions of the part. Regions were defined by selecting surfaces, cylinders, edges or vertices.

TABLE 3			
Load and Constraint Definitions			
Name	Type	Magnitude	Vector
Force 1	Surface Force	8000 N	0, N 0, N 8000 N
Force 2	Surface Force	8000 N	0, N 0, N 8000 N
Force 3	Surface Force	8000 N	0, N 0, N 8000 N
Force 4	Surface Force	8000 N	0, N 0, N 8000 N
Force 5	Surface Force	8000 N	0, N

TABLE 3			
Load and Constraint Definitions			
Name	Type	Magnitude	Vector
			0, N  8000 N
Fixed Constraint 1	Surface Fixed Constraint	0, mm	0, mm  0, mm  0, mm

TABLE 4				
Constraint Reactions				
Name	Force	Vector	Moment	Moment Vector
Fixed Constraint 1	4,e+004 N	-5,452e-005 N  -1,138e-004 N  -4,e+004 N	505,5 N·mm	-293,3 N·mm  411,8 N·mm  -1,681e-002 N·mm

Note: vector data corresponds to global X, Y and Z components.

## Results

The table below lists all structural results generated by the analysis. The following section provides figures showing each result contoured over the surface of the part.

Safety factor was calculated by using the maximum equivalent stress failure theory for ductile materials. The stress limit was specified by the tensile yield strength of the material.

TABLE 5		
Structural Results		
Name	Minimum	Maximum
Equivalent Stress	0,1581 MPa	361,2 MPa
Maximum Principal Stress	-46,72 MPa	224,6 MPa
Minimum Principal Stress	-412,6 MPa	27,11 MPa
Deformation	0, mm	0,3369 mm
Safety Factor	0,5732	N/A

Figures

FIGURE 1

Equivalent Stress

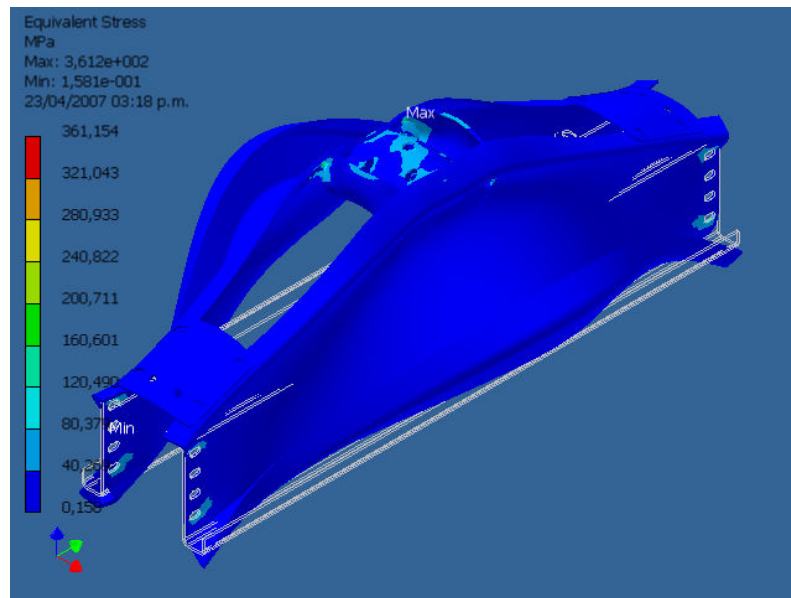


FIGURE 2

Maximum Principal Stress

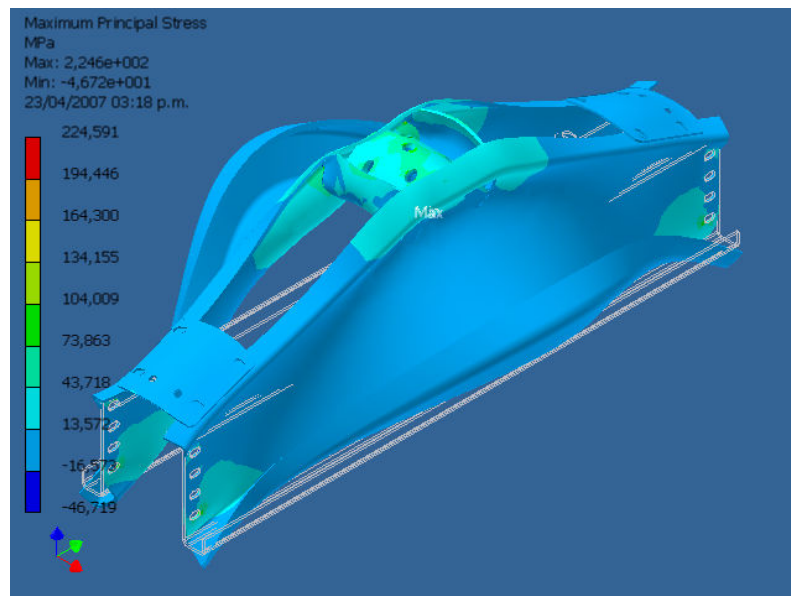


FIGURE 3



## Minimum Principal Stress

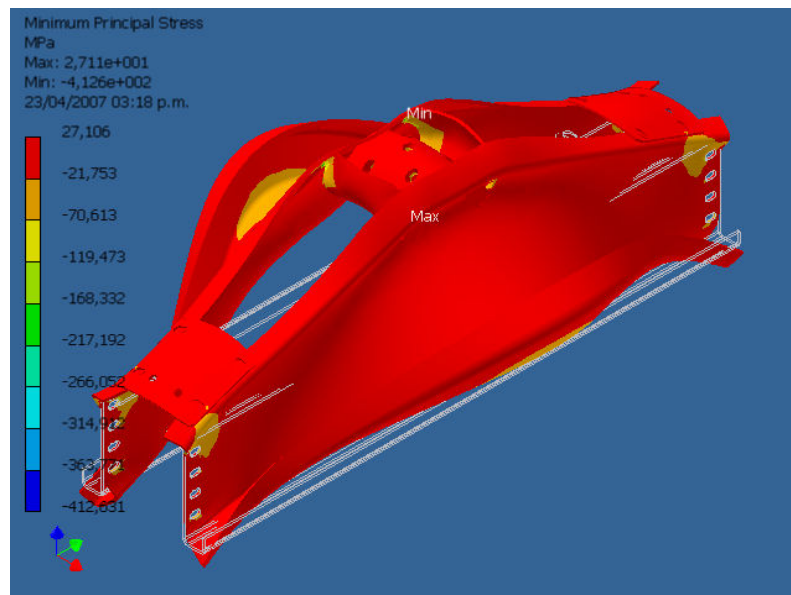


FIGURE 4

## Deformation

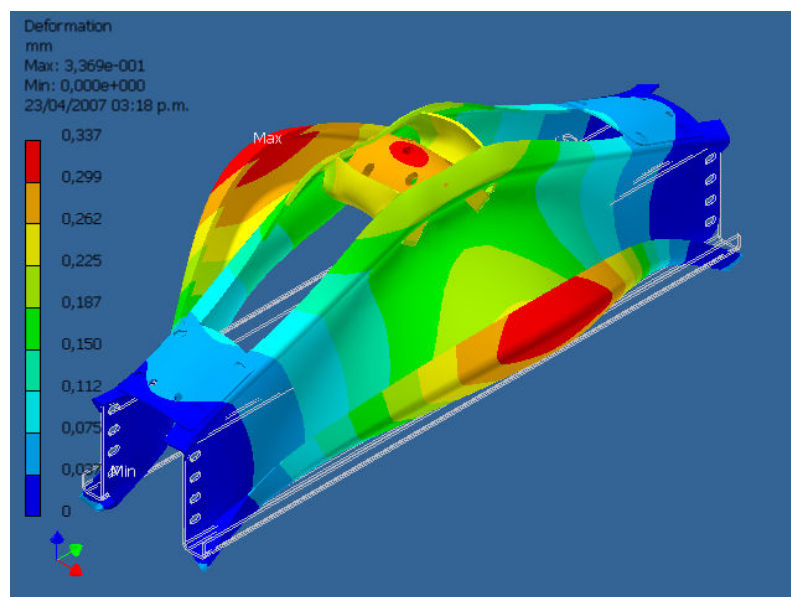
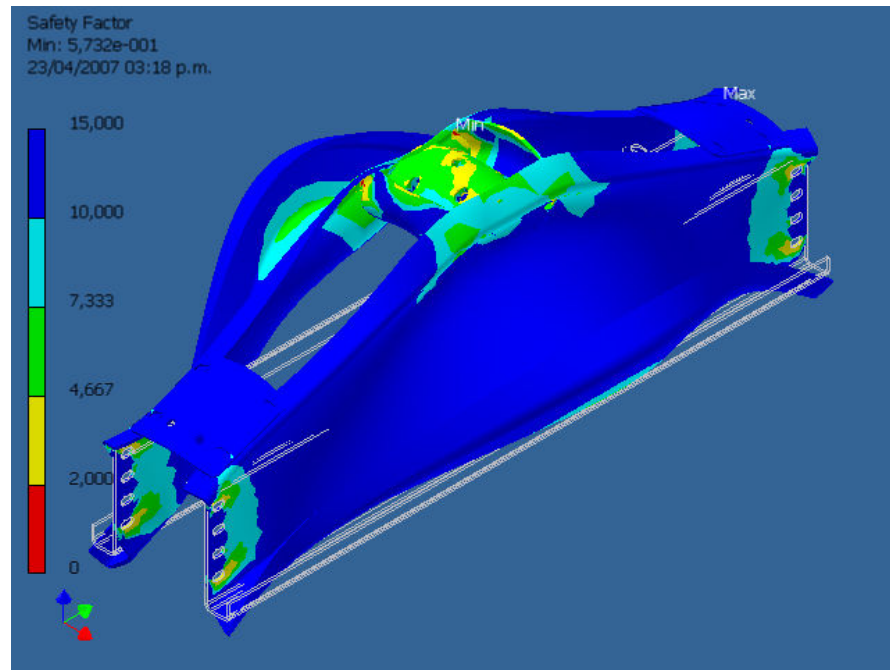


FIGURE 5

Safety Factor



# **ANALISIS B: PUENTE ALTO DEFINITIVO. (Análisis modelado en Cosmosworks)**

Materiales

Nº	Nombre de pieza	Material	Masa	Volumen
1	Tiranta-1	<a href="#">ASTM A36 Steel</a>	5.73287 kg	0.000730302 m <sup>3</sup>
2	Tiranta-2	<a href="#">ASTM A36</a>	5.73287	0.000730302

		<a href="#">Steel</a>	kg	m^3
3	placaInferior-1	<a href="#">ASTM A36 Steel</a>	8.21314 kg	0.00104626 m^3
4	punte2-1	<a href="#">ASTM A36 Steel</a>	26.0148 kg	0.00331399 m^3
5	punte2-2	<a href="#">ASTM A36 Steel</a>	26.0148 kg	0.00331399 m^3
6	refuerzo-1	<a href="#">ASTM A36 Steel</a>	0.866339 kg	0.000110362 m^3
7	refuerzo-2	<a href="#">ASTM A36 Steel</a>	0.866339 kg	0.000110362 m^3
8	refuerzoExtra-1	<a href="#">ASTM A36 Steel</a>	1.84955 kg	0.000235611 m^3
9	refuerzoExtra-2	<a href="#">ASTM A36 Steel</a>	1.84955 kg	0.000235611 m^3
10	refuerzoPunte-1	<a href="#">ASTM A36 Steel</a>	0.316277 kg	4.029e-005 m^3
11	refuerzoPunte-2	<a href="#">ASTM A36 Steel</a>	0.316277 kg	4.029e-005 m^3

12	refuerzoPuentes-3	<a href="#">ASTM A36 Steel</a>	0.316277 kg	4.029e-005 m <sup>3</sup>
13	refuerzoPuentes-4	<a href="#">ASTM A36 Steel</a>	0.316277 kg	4.029e-005 m <sup>3</sup>
14	soporteDeslizadera-1	<a href="#">ASTM A36 Steel</a>	1.36192 kg	0.000173494 m <sup>3</sup>
15	soporteDeslizadera-2	<a href="#">ASTM A36 Steel</a>	1.36192 kg	0.000173494 m <sup>3</sup>

Información de cargas y restricciones

Restricción		
<b>Restricción-1</b> <Tiranta-2, Tiranta-1>	activar <b>2 Cara(s)</b> con desplazamiento <b>0 m</b> normal a la cara.	Carga secuencial
<b>Descripción:</b>		
<b>Restricción-2</b> <Tiranta-2>	activar <b>1 Arista(s)</b> inmóvil (sin traslación).	
<b>Descripción:</b>		

Carga		
<b>Fuerza-1</b> <b>&lt;placaInferior-1,</b> <b>refuerzoExtra-1&gt;</b>	activar <b>5 Cara(s)</b> aplicar fuerza - <b>8000 N</b> normal a plano de referencia con respecto a la referencia seleccionada <b>Arista&lt; 1</b> > utilizando distribución uniforme	Carga secuencial
<b>Descripción:</b>		

Propiedad del estudio

Información de malla	
Tipo de malla:	Malla de sólido
Mallador utilizado:	Estándar
Transición automática:	Desactivar
Superficie lisa:	Activar
Verificación jacobiana:	4 Points
Tamaño de elementos:	13 mm
Tolerancia:	0.65 mm

Calidad:	Alta
Número de elementos:	87715
Número de nodos:	173094

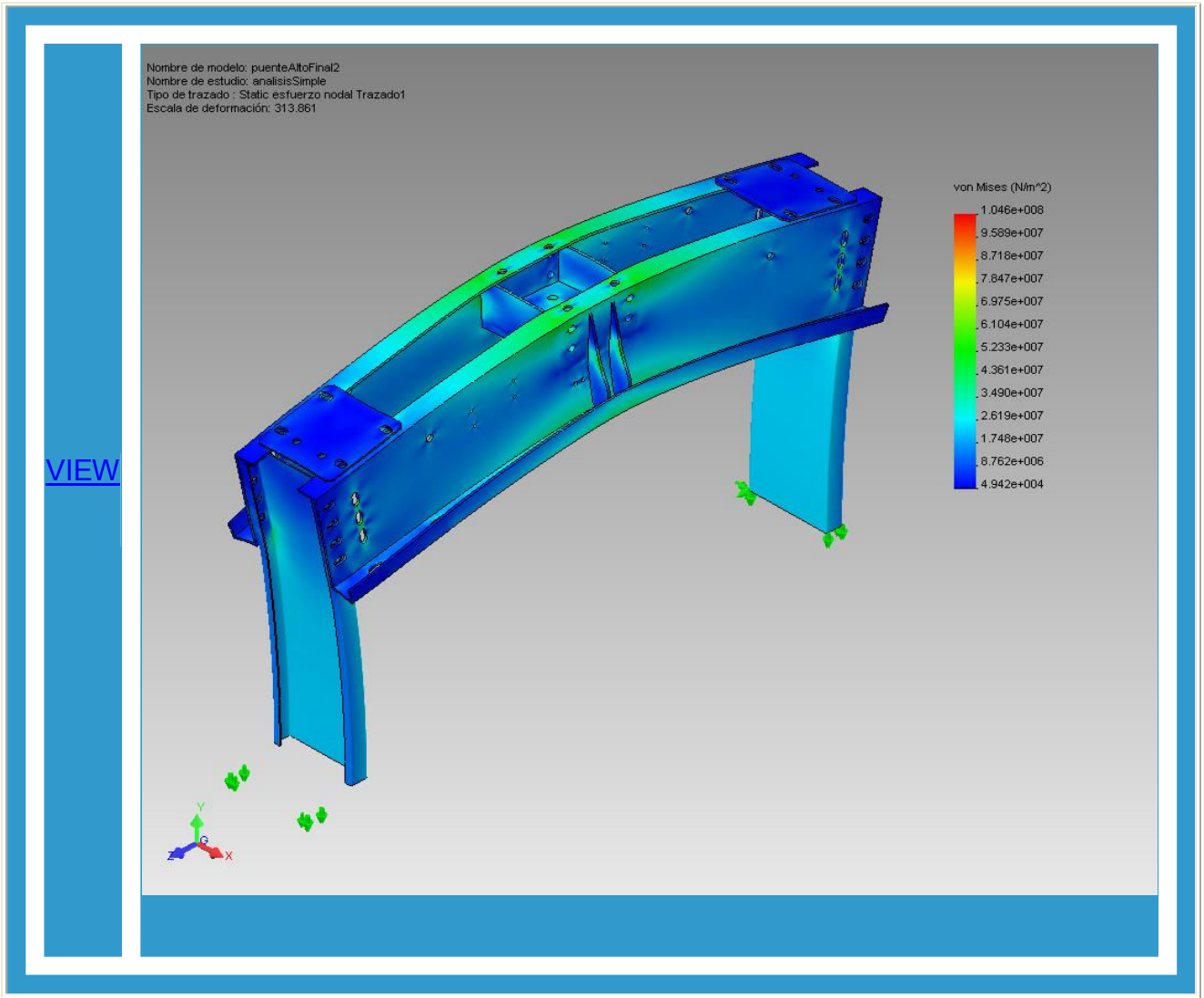
Información del solver	
Calidad:	Alta
Tipo de solver:	Solver tipo FFEPlus
Opción:	Incluir efectos térmicos
Opción térmica:	Introducir temperatura
Opción térmica:	Temperatura de referencia a tensión cero: 298 Kelvin

#### Resultados de esfuerzos

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Trazado1	VON: Esfuerzo	49419.7	(-106.14	1.04604e+008	(63.1098

	de von Mises	N/m^2	mm,	N/m^2	mm,
		Nodo: 8549	93.7224 mm,	Nodo: 57978	101.964 mm,
			645.523 mm)		-26.4774 mm)

<p>puenteAltoFinal2-analisisSimple-Esfuerzo-Trazado1</p>
<p>JPEG</p>



Resultados de desplazamientos

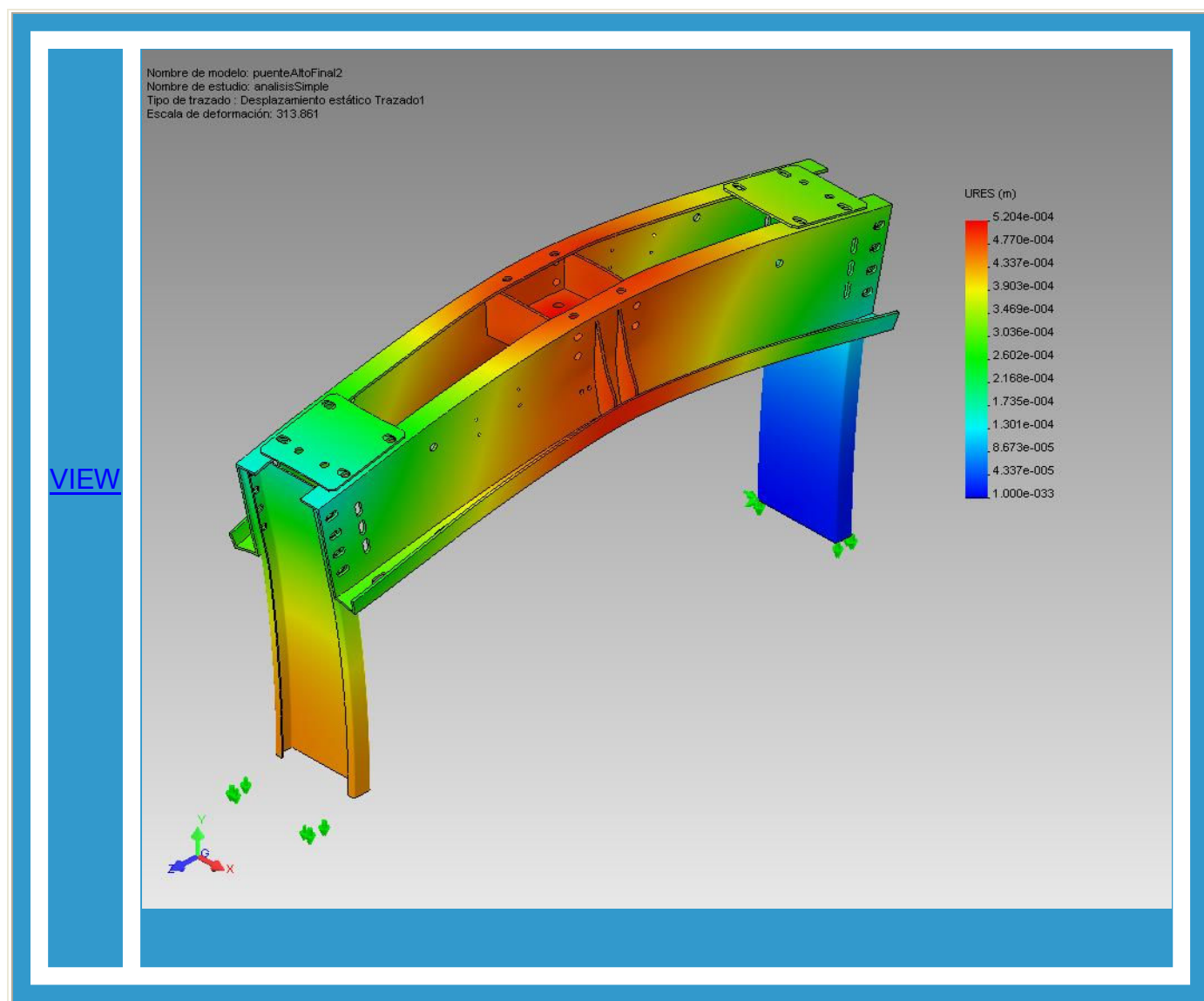
Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Trazado1	URES: Desplazamientos resultantes	0 m	(-121.39 mm,	0.000520405 m	(-12.8902 mm,
		Nodo: 23260	-652.036	Nodo: 45580	-10.6835



			mm,		mm,
			-816.177 mm)		-77.0774 mm)

**puenteAltoFinal2-analisisSimple-Desplazamiento-Trazado1**

**JPEG**



Apéndice

ASTM A36 Steel

Nombre de propiedad	Valor	Unidades	Tipo de valor
Módulo elástico	2e+011	N/m^2	Constante

Coeficiente de Poisson	0.26	NA	Constante
Módulo cortante	7.93e+010	N/m <sup>2</sup>	Constante
Densidad de masa	7850	kg/m <sup>3</sup>	Constante
Límite de tracción	4e+008	N/m <sup>2</sup>	Constante
Límite elástico	2.5e+008	N/m <sup>2</sup>	Constante